

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Talotekniikan koulutusohjelma

Juuso Hulkko
Pyry Korpelainen

SISÄILMASTON TUTKIMINEN JA LÄMPÖKUVAUS VANHAN
RAKENNUKSEN KUNTOARVIOINNISSA

Opinnäytetyö
Toukokuu 2018



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2018
Talotekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijät
Juuso Hulkko, Pyry Korpelainen

Nimeke
Sisäilmaston tutkiminen ja lämpökuvaus vanhan rakennuksen kuntoarvioinnissa

Toimeksiantaja
Tohmajärven kunta

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Tohmajärvellä sijaitsevan kunnallistalon kuntoa. Tohmajärven kunnallistalon kunnon tutkiminen tuli ajankohtaiseksi syksyllä 2017, kun rakennuksen purkamisesta äänestettiin kunnassa, ja kunnallistalo päätettiin säilyttää nykyisessä muodossaan. Työn tilaajana toimii Tohmajärven kunta.

Tohmajärven kunnallistalon kunnon tutkimisen menetelminä käytettiin lämpökuvausta ja kuntoarviota. Kuntoarviossa keskityttiin sisäilmaston tutkimiseen. Kuntoarvio aloitettiin tutustumalla kunnallistalon piirustuksiin ja dokumentteihin sekä laatimalla käyttäjäkysely rakennuksessa työskenteleville. Lähtötietojen ja käyttäjäkyselyn pohjalta suoritettiin kiinteistötarkastus ja sisäilmamittaukset, joiden jälkeen laadittiin kuntoarvioraportti. Sisäilmamittauksissa käytettiin kahta erilaista sisäilmaa mittaavaa mittalaitetta luotettavien tulosten saamiseksi.

Yleisiltä osin Tohmajärven kunnallistalo on kohtalaisessa kunnossa. Suurimmat havaitut ongelmat ovat rakennuksen lämpöenergian kulutukseen vaikuttavat puutteet ulkovai-passa sekä ilmanvaihdon riittämättömyys osassa tiloista. Myös rakennuksen ulkoverhoilu on huonossa kunnossa ja vaatisi uusimista. Rakennuksen sisäpuolisella lämpökuvauksella havaittiin hälyttäviä pintalämpötiloja, jotka vaatisivat toimenpiteitä sekä viihtyvyyden että rakenteiden kunnon kannalta. Sisäilmamittauksilla ei havaittu hälyttäviä tekijöitä rakennuksen sisäilmastossa. Kunnallistalon käyttäjät ovat käyttäjäkyselyn sekä haastattelujen perusteella pääsääntöisesti tyytyväisiä rakennuksen sisäilmastoon ja sisäolosuhteisiin.

Kieli
suomi

Sivuja 56
Liitteet 2
Liitesivumäärä 32

Asiasanat
kuntoarvio, sisäilmasto, lämpökuvaus



THESIS
May 2018
Degree Programme in Building
Services Engineering

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
+358 13 260 600

Authors
Juuso Hulkko, Pyry Korpelainen

Title
Examination of Indoor Climate and Thermal Imaging in the Condition Estimation of an Old Building
Commissioned by
Municipality of Tohmajärvi

Abstract

The aim of this thesis was to investigate the current condition of Tohmajärvi municipal building. The examination of the condition of the Tohmajärvi municipal building became an issue in autumn 2017, when demolishing of this building was voted on in the municipality, and it was decided to keep the building in its present form. The client of this thesis is the municipality of Tohmajärvi.

The methods used to examine the condition of the Tohmajärvi municipal building included thermal imaging and a condition estimate. The condition estimate was made focusing on examining the indoor climate. The condition estimate was begun by studying the blueprints and documents of the municipal building and by making a user survey to those who are working in the building. Using the initial data and the user survey as the basis, a real estate inspection and indoor air measurements were made, after which a condition estimate report was drafted. The indoor air measurements were done by using two different kinds of indoor air measuring devices to get a reliable result.

In general, the Tohmajärvi municipal building is in moderate condition. The major failings noted are deficiencies in the outer shell of the building affecting the thermal energy consumption, and insufficient ventilation in some parts of the premises. Furthermore, the exterior trim of the building is in poor condition and would require renewal. With thermal imaging from inside the building was noticed alarming surface temperatures were noticed, which would require actions because of the comfort and the condition of the structures. The indoor climate measurements did not detect any alarming factors in the indoor climate of the building. Based on the user survey and the interviews, users of the municipal building are generally satisfied with the indoor climate and indoor conditions of the building.

Language
Finnish

Pages 56
Appendices 2
Pages of Appendices 32

Keywords

a condition estimate, indoor climate, thermal imaging

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Sisäilmasto ja kuntoarvio	6
2.1	Sisäilma, sisäilmasto ja sisäympäristö	6
2.2	Kuntoarvio.....	7
3	Sisäilmaan vaikuttavat tekijät.....	8
3.1	Kemialliset epäpuhtaudet	8
3.2	Hiukkasmaiset epäpuhtaudet.....	11
3.3	Fysikaaliset tekijät.....	12
3.4	Psykologiset tekijät	14
3.5	Painovoimainen ilmanvaihto	15
4	Sisäilmaston laadun arvioiminen	16
4.1	Sisäilmastoluokitukset	16
4.2	Rakennusmateriaalien päästöluokitus	17
4.3	Sisäilmaston ja sisäilman mittaaminen	17
4.3.1	Kemiallisten epäpuhtauksien mittaus sisäilmasta	18
4.3.2	Lämpöolojen ja ilmankosteuden mittaaminen	19
4.3.3	Ilmanvaihdon toimivuuden tutkiminen	23
4.4	Lämpökuvaaminen	23
4.4.1	Lämpökameralla kuvaaminen	24
4.4.2	Pintalämpötilat ja lämpötilaindeksi	24
4.5	Käyttäjäkysely.....	26
5	Sisäilmaston kuntoarvio kunnallistalosta.....	28
5.1	Kuntoarvion kohde.....	28
5.2	Käyttäjäkyselyn analysointi.....	31
5.3	Aistinvarainen arvio opinnäytetyön kohteesta.....	32
5.4	Sisäilmastomittaukset opinnäytetyön kohteessa.....	33
5.4.1	Lämpötilat	35
5.4.2	Suhteellinen kosteus.....	38
5.4.3	TVOC.....	40
5.4.4	Hiilidioksidi	43
5.4.5	Hiilimonoksidi.....	44
5.5	Lämpökuvaukset opinnäytetyön kohteesta.....	46
5.6	Kuntoarvion yhteenveto ja toimenpide-ehdotukset	50
6	Pohdinta.....	51
6.1	Opinnäytetyön tuotoksen tarkastelu.....	51
6.2	Opinnäytetyön luotettavuus ja eettisyys.....	52
6.3	Opinnäytetyöprosessin tarkastelu.....	52
6.4	Ammatillinen kasvu	53
6.5	Hyödynnettävyys ja jatkokehittämismahdollisuudet	54
	Lähteet.....	56

Liitteet

Liite 1	Kuntoarvioraportti
Liite 2	Käyttäjäkysely

1 Johdanto

Sisäilmaongelmat ovat yleistyneet Suomessa rakennusten vanhentuessa ja sisätiloissa kasvaneen oleskeluajan myötä. Ongelmia koetaan erityisesti vanhoissa rakennuksissa, joiden käyttötarkoitus on voinut muuttua ajan saatossa, eikä tiloja sekä teknisiä järjestelmiä ole päivitetty vastaamaan nykyisiä käyttötarkoituksia. Sisäilmaongelmien uskotaan monesti johtuvan kosteusvaurioista. Ongelmien syynä voi kuitenkin olla useita muita tekijöitä, kuten riittämätön ilmanvaihto, rakennus- ja sisustusmateriaalien päästöt, sisäilmassa muodostuvat kaasumaiset ja hiukkasmaiset epäpuhtaudet tai esimerkiksi liian kuiva tai kostea sisäilma. Rakennusten sisäilmaongelmat voivat vaikuttaa monella tavoin tilojen käyttäjien terveyteen sekä työtehoon ja viihtyvyyteen. Yleisimpiä oireita huonosta sisäilmasta ovat hengitystieoireet, päänsärky, väsymys sekä herkistymisen lisääntyminen tuoksuille ja hajuille.

Tohmajärven kunnallistalon todellisen kunnon ja korjaustarpeiden selvittäminen nousi esille, kun rakennuksen kohtalosta äänestettiin kunnassa syksyllä 2017 ja se päätettiin säilyttää nykyisessä muodossaan. Työ saatiin toimeksiantona Tohmajärven kunnan teknisen toimen johtajalta Jorma Bergiltä. Työ rajattiin kuntoarvion osalta sisäilmaston ja lämpöolojen tutkimiseen. Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa Tohmajärven kunnallistalon sisäolosuhteita ilmanlaadun ja lämmön osalta, selvittää suurimpia lämpöhäviökohtia sekä antaa toimenpide-ehdotuksia havaittujen mahdollisten puutteiden osalta.

Työtä varten saatiin kunnalta taustatiedoiksi kunnallistalon vanhat pohjapiirustukset, AHA-kartoitusraportti sekä kuntotutkimusraportti. Lähtötietoja sisäilman tasosta selvitettiin aistinvaraisella arviolla käymällä rakennuksen jokainen tilan läpi sekä kyselylomakkeilla, jotka jaettiin kaikille rakennuksessa työskenteleville. Lähtötietojen perusteella suoritettiin mittauksia sisäilmasta TVOC-mittarilla sekä kahdella hiilidioksidimittarilla ja selvitettiin pahimpia lämpöhäviökohtia lämpökameralla. Kokonaisuudessaan työ tehtiin rakenteita rikkomatta.

2 Sisäilmasto ja kuntoarvio

Nykyään suurin osa suomalaisista viettää yli 90 % elinajastaan sisätiloissa. Sen seurauksena sisäilman, sisäilmaston ja sisäympäristön merkitys on noussut yhä merkittävämmäksi vuosien saatossa. Samalla sisäilmaongelmat ovat kuitenkin myös yleistyneet. Huono sisäilma aiheuttaa miljardien eurojen kustannukset vuositain Suomessa. 1970-luvun energiakriisin aikaan taloja alettiin tehdä tiiviimiksi ja vähemmän energiaa kuluttaviksi, ja moni pitääkin juuri tätä sisäilmaongelmien alkulähteenä. Rakennusten tiivistämisen ja lisäeristämisen seurauksena ongelmaksi syntyi ilmanvaihdon riittämättömyys ja rakenteiden pilaantuminen. Vaikka asioista on opittu valtavasti 70-luvulta tähän päivään, ja rakentamismääräyksiä ja vaatimuksia on muutettu, aiheuttaa huono sisäilma paljon ongelmia vielä tänäkin päivänä. (Seuri & Palomäki 2000, 15–20.)

2.1 Sisäilma, sisäilmasto ja sisäympäristö

Sisäilmalla tarkoitetaan yleisesti toimistojen, koulujen sekä asuinrakennusten hengitettävää sisäilmaa. Käsitteestä on rajattu pois esimerkiksi tuotannollisten tilojen, varastojen ja navetoiden sisäilmat, jotta saataisiin määritettyä edes jollain tavalla yhtenäiset luokittelu- ja toimenpideraja-arvot. (Seuri & Palomäki 2000, 15–17.)

Sisäilmasto käsittää sisäilman ja sen epäpuhtauksien lisäksi myös ilmanvaihdon sekä lämpöolosuhteet. Sisäilmaston viihtyvyys ja terveellisyys vaikuttavat monet asiat. Tällaisia tekijöitä ovat sisäilman kemialliset ja mikrobiologiset epäpuhtaudet, fysikaaliset olosuhteet sekä psykologiset tekijät. Sisäilmaston ongelmat vaikuttavat yksilöllisesti tiloja käyttävien ihmisten terveyteen, viihtyvyyteen ja työtehoon. (Työterveyslaitos 2011, 10-11; Seppänen, O. & Seppänen, M. 1997, 10–14.)

Sisäympäristöllä tarkoitetaan laajempaa käsitettä, johon kuuluu sisäilmaston lisäksi myös akustiikka, valaistus sekä ergonomiset tekijät. Sisäympäristön hyvyyteen vaikuttavat myös tilojen käytettävyys-, esteettömyys-, viihtyvyys- ja turvallisuustekijät sekä psykososiaaliset näkökulmat. (Työterveyslaitos 2011, 10–11.)

2.2 Kuntoarvio

Kuntoarviota käytetään kiinteistön kunnossapitosuunnittelun lähtötietojen hankintaan, jotta tulevia korjauksia ja kunnossapitotoimia voitaisiin ajoittaa oikein. Kuntoarvio voidaan teettää koko kiinteistölle, tai pelkästään tietylle rakennusosalle tai järjestelmälle. Yleensä kuntoarvion tavoitteena on tuottaa kokonaiskuva kiinteistön arvosta, energiatehokkuudesta ja järjestelmien sekä rakenteiden kunnosta. Ensimmäinen kuntoarvio kiinteistölle ohjeistetaan tekemään viimeistään kymmenen vuoden kuluttua rakennuksen valmistumisesta ja sen jälkeen viiden vuoden välein. Kiinteistöstä tehtävän kuntoarvion tarkastelukohtia ovat rakenteet, talotekniset järjestelmät, energiatalous, turvallisuus- ja terveysriskit, kiinteistön ulkoalueet ja kiinteistön ylläpidon kehitystarpeet. Kokonaisvaltaisen kuntoarvion tekee yleensä työryhmä, johon kuuluvat rakennus-, LVIAS- ja tietoteknisten järjestelmien asiantuntijat. (RT 18-11131 2013, 1–6; RT 18-11086 2012, 1–6.)

Kuntoarviota aloitettaessa on oleellista tutustua huolella kiinteistöstä saatuihin lähtötietoihin, aiempiin tutkimuksiin ja käyttäjäkyselyyn, joka tulee suorittaa lähes poikkeuksetta kuntoarviota tehdessä. Mikäli kiinteistön käyttäjien määrä on alhainen, voidaan käyttäjäkysely korvata käyttäjien haastatteluilla. Lähtötietoihin tutustumisen jälkeen kuntoarvio suoritetaan pääsääntöisesti aistinvaraisin menetelmin ja asiantuntijan havaintoihin perustuen. Havainnot tehdään käymällä läpi kaikki kiinteistön osa-alueet. Työssä voidaan myös käyttää muita rakenteita rikkomattomia tutkimusmenetelmiä, kuten kosteus-, tiiviys- ja hiilidioksidimittauksia sekä lämpökuvauksia. (RT 18-11131 2013, 2–7.)

Kiinteistökäynnin jälkeen kuntoarvion tekijä laatii kohteesta kuntoarvioraportin, jossa kohde käydään läpi rakennusosittain. Raportissa tulee käydä ilmi jokaisen tilan kunto ongelmakohtineen ja toimenpide-ehdotuksineen mahdollisten ongelmien korjaamiseksi. Kuntoarvioraportissa on myös tärkeää ilmoittaa korjaustarpeet tärkeysjärjestyksessä ja niiden tarkoituksenmukaisessa toteutusjärjestyksessä. Tärkeimpiä asioita voivat olla esimerkiksi terveyteen ja turvallisuuteen vaikuttavat ongelmat ja korjauskustannuksiltaan merkittävimmät ongelmat. Raportin laatijan tulisi myös ottaa kantaa ongelmakohtiin, jotka laajentuessaan voivat aiheuttaa lisävahinkoja. Muodoltaan kuntoarvioraportin tulee olla tiivistetty ja helppolukuinen. Henkilön, joka ei ole alan ammattilainen tulee myös pystyä muodostamaan kuva kiinteistön kunnosta raportin perusteella. Kuntoarviossa ei välttämättä saada selville piileviä vaurioita. Mikäli kuntoarviota tehdessä havaitaan epäilyttäviä kohtia, tulee kuntoarvioraportissa suositella laajempaa kuntotutkimusta. (RT 18-11131 2013, 4–11.)

3 Sisäilmaan vaikuttavat tekijät

3.1 Kemialliset epäpuhtaudet

Sisäilmassa voi esiintyä tilojen käyttäjien terveydelle haitallisia määriä kemiallisia epäpuhtauksia. Sisäilmassa esiintyvät kemialliset aineet ovat hiukkas- tai kaasumaisessa muodossa ja ne jaetaan orgaanisiin tai epäorgaanisiin yhdisteisiin. Kemiallisia ilmassa esiintyviä epäpuhtauksia ovat muun muassa ammoniakki, asbesti, formaldehydi, hiilidioksidi, hiilimonoksidi, styreeni ja VOCit (volatile organic compounds) eli haihtuvat orgaaniset yhdisteet. Kemialliset aineet voivat päätyä sisäilmaan esimerkiksi kosteusvaurioista, sisustus- tai rakennusmateriaaleista, ihmisistä tai rakennuksen ulkopuolisista tekijöistä kuten teollisuuden päästöistä, liikenteestä tai maaperästä. Asuinrakennusten ja oleskelutilojen sisäilmassa esiintyville kemiallisille epäpuhtauksille ei ole määritetty viranomaisstandardeja

vaan maksimipitoisuudet ovat ohjeellisia ja suuntaa antavia. Vertailuarvoina mitatuille sisäilman kemiallisille epäpuhtauksille voidaan käyttää esimerkiksi WHO:n julkaisemia maksimipitoisuuksia tai terveydenhoitolain (469/65) suosituksia. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 128–136.)

Häkää eli hiilimonoksidia (CO) muodostuu hiilipitoisen aineen epätäydellisessä palamisessa. Häkä on hajuton ja väritön kaasu, joten sitä on mahdotonta havaita sisäilmasta aistienvaraisesti. Häkää voi päätyä sisäilmaan esimerkiksi tupakoinnin, liikenteen tai esimerkiksi viallisten takkojen ja uunien takia. Sisäilmassa esiintyvän hään hetkellinen maksimipitoisuus ei saa ylittää 8 mg: aa/ m³ (6,9 ppm). (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 134–135.)

Hiilidioksidi (CO₂) muodostuu sisäilmaan pääasiassa ihmisen aineenvaihdunnan tuottamana uloshengityksen ja ihon kautta. Sisäilmasta mitattu hiilidioksidipitoisuus toimii epäsuorana mittarina ilmanvaihdon toimivuudelle, sillä hiilidioksidipitoisuudet voivat nousta liian korkeiksi riittämättömän ilmanvaihdon seurauksena. Aikaisemmin sisäilman hiilidioksidipitoisuuden ylärajana pidettiin terveydensuojelulain määrittämää 2700 mg: aa/ m³ (1500 ppm), kun taas tyydyttävän hiilidioksidipitoisuuden rajana pidettiin 2160 mg: aa/ m³ (1200 ppm). Sisäilmastoluokitus 2008:ssa ilmanlaadun tavoitearvoissa määritettiin hiilidioksidipitoisuudet S1-, S2- ja S3-luokkiin. S1-luokassa hiilidioksidipitoisuus ei saa ylittää 1350 mg: aa/ m³ (750 ppm), S2-luokassa 1620 mg: aa/ m³ (900 ppm) ja S3-luokassa 2160 mg: aa/ m³ (1200 ppm). Valviran 2016 määrittämän asumisterveysasetuksen mukaan sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpiderajana on 2100 mg/m³ (1150 ppm) enemmän kuin ulkoilmasta mitattu pitoisuus, kun taas ympäristöministeriön asetuksen uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta mukaan hetkellisen hiilidioksidipitoisuuden suunnitteluarvo voi käyttöaikana olla enintään 1450 mg/m³ (800 ppm) suurempi kuin ulkoilman pitoisuus. Tyypillinen ulkoilman hiilidioksidipitoisuus on noin 630 mg/m³ (350 ppm). Tilan käyttäjä voi kokea korkean hiilidioksidipitoisuuden väsymyksenä ja päänsärkynä. (Valvira 2016, 16–17; Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 134; Seuri & Palomäki 2000, 40–41.)

VOC (eli volatile organic compounds) on yleinen käsite sisäilmassa esiintyville kemiallisille haihtuville orgaanisille yhdisteille. Orgaaniset yhdisteet jaetaan neljään ryhmään kiehumispisteensä mukaan (taulukko 1), sillä kiehumispisteen lämpötila vaikuttaa aineen haihtuvuuteen. Korkein yli 380 °C:n kiehumispiste on hiukkasiin sitoutuneilla yhdisteillä (POM). Sen jälkeen tulevat puolihaihtuvat yhdisteet (SVOC) joiden kiehumispiste on 240-380 °C. Toiseksi matalin kiehumispiste 100-240 °C on haihtuvilla yhdisteillä (VOC). Matalin kiehumispiste 0-100 °C on erittäin haihtuvilla yhdisteillä (VVOC). Mittaustulokset haihtuville orgaanisille yhdisteille ilmoitetaan termillä TVOC (total VOC, kaikki haihtuvat orgaaniset yhdisteet). TVOC-pitoisuudelle on määritetty ohjeelliseksi ylärajaksi 600 µg/m³, normaalina pitoisuutena voidaan pitää 200-300 µg/m³. Liian korkea määrä saattaa aiheuttaa tilojen käyttäjille joitain terveyshaittoja. Tilan käyttäjä voi kokea korkeat määrät kaasumaisia orgaanisia yhdisteitä esimerkiksi väsymyksenä, hajuina, silmien ja limakalvojen ärsytyksenä, päänsärkyinä, tms. Tyypillisesti korkeita määriä kemiallisia epäpuhtauksia sisältäviä tiloja ovat muun muassa rakennukset, jotka on vasta remontoitu tai ovat vasta valmistuneet. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003, 56; Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 136–137.)

Taulukko 1. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kiehumispisteet.

Yhdiste	Kiehumispiste (°C)
VVOC	0-100
VOC	100-240
SVOC	240-380
POM	>380

(Seppänen, O. & Seppänen, M. 1997, 35.)

3.2 Hiukkasmaiset epäpuhtaudet

Erikokoiset pienhiukkaset muodostavat sisäilmassa esiintyvän leijailevan pölyn. Pienhiukkaset voivat olla peräisin joko rakennuksen sisällä olevista lähteistä tai rakennuksen ulkopuolelta. Pienhiukkasten sisälähteitä voivat olla palamisreaktiot, tupakointi, tekstiilit, rakennus- ja sisustusmateriaalit, ihmisten iho, lemmikkieläimet ja niin edelleen. Suurimmalta osin pienhiukkaset tulevat sisäilmaan kuitenkin rakennuksen ulkopuolelta. Ulkolähteitä ovat esimerkiksi teollisuuden ja liikenteen päästöt sekä siitepölyt. Suomessa näistä merkittävimpinä mainittakoon liikenteen päästöt ja puiden pienpoltaminen. (Sandberg 2014, 59–62.)

Hiukkaset on yleisesti jaettu neljään ryhmään kokonsa perusteella. Ultrapienet hiukkaset ovat halkaisijaltaan alle $0,1\ \mu\text{m}$, pienhiukkaset alle $2,5\ \mu\text{m}$, karkeat hiukkaset $2,5\text{--}10\ \mu\text{m}$ ja suuret hiukkaset yli $10\ \mu\text{m}$. Hengitettävät hiukkaset ovat halkaisijaltaan alle $10\ \mu\text{m}$, joista yli $2,0\ \mu\text{m}$:n jäävät käytännössä ylähengitysteihin ja poistuvat elimistöstä suhteellisen nopeasti. Alle $2,0\ \mu\text{m}$:n hiukkaset tunkeutuvat syvälle keuhkoputkiin ja keuhkorakkuloihin, josta ne voivat imeytyä ihmisen verenkiertoon. Näiden poistuminen elimistöstä on todella hidasta. Pienhiukkasista pahimpia terveyshaittojen aiheuttajia ovat pääsääntöisesti ultrapienet hiukkaset (alle $0,1\ \mu\text{m}$). Pienhiukkaset voivat myös sisältää ihmiselle myrkyllisiä yhdisteitä tai kuljettaa niitä. Pienhiukkasten maksimipitoisuutta sisäilmassa ei ole pystytty määrittämään, sillä terveyshaittojen mahdollisuus seuraa jo pienistäkin altistumisista. Suomen lainsäädännön määrittämän direktiivin mukaan ulkoilman pienhiukkaspitoisuuden tavoitteeksi on Suomessa määritetty $25\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM 2,5). Kuitenkin 2009–2011 ilmasta mitattu keskiarvo on ollut $8,5\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM 2,5). (Sandberg 2014, 59–62.)

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa D2 on määritetty sisäilman hiukkasten suunnittelun ohjearvon maksimipitoisuudeksi $50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM 10). Jotta päästäisiin S1-luokkaan, Sisäilmastoluokitus 2000:ssa on määritetty maksimipitoisuudeksi $20\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM 10), jonka lisäksi myös ulko- ja sisäilman suhde piti olla maksimissaan 50 %. Koska tämän mittaaminen osoittautui vaikeaksi, tavoitearvoista luovuttiin toistaiseksi. (Sandberg 2014, 59–62.)

3.3 Fysikaaliset tekijät

Sisäympäristöön vaikuttaviin fysikaalisiin tekijöihin kuuluvat esimerkiksi ilman kosteus, lämpötila, veto, sisäilman laatu, akustiikka ja valaistus. Fysikaaliset olot ja kemialliset epäpuhtaudet sisäilmassa liittyvät vahvasti toisiinsa, sillä kemiallisten epäpuhtauksien määrään sisäilmassa vaikuttaa paljon muun muassa ilmanvaihdon toimivuus, ilman kosteus ja lämpötila rakennuksessa. Samoin kuin kemialliset epäpuhtaudet, myös fysikaaliset olosuhteet vaikuttavat ihmisten hyvinvointiin tiloja käytettäessä. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 24.)

Lämpöoloihin vaikuttavat rakennuksen ulkovaipan lämpötekniinen toimivuus, oikein toimiva lämmitysjärjestelmä, ilmanvaihto ja sisäiset lämmönlähteet sekä ulkona vallitsevat sääolosuhteet. Tilojen käyttäjien kokemat lämpöaistimukset ovat yksilökohtaisia ja niihin vaikuttavat sisäilman lämpötila, ilman kosteus, vetoisuuden tunteet, toiminnan laatu ja vaatetus. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 24–29.)

Ihon paikallinen jäähtyminen aiheuttaa ihmiselle vedon tunnetta. Ihmisen aistiin vetoon vaikuttavat kaksi eri tekijää. Ensimmäinen tekijä on liiallinen kylmän ilman virtausnopeus tilassa. Toinen on niin kutsuttu säteilyveto, joka aiheutuu kylmistä pintalämpötiloista ihmisen ympärillä. Yleisimpiä syitä vedoille rakennuksessa ovat väärin sijoitetut ilmanvaihtuventtiilit, vuodot ovissa ja ikkunoissa sekä suuret ikkunapinnat. Lämpötiloille ja vedoille on asetettu sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeessa ohjearvot, jotka on jaettu välttävään ja hyvään tasoon. Ohjearvojen määrittelyt perustuvat lämpötilaindeksiin, joka on määritetty pinta-, sisä- ja ulkolämpötilojen erosta. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 24–29.)

Sisäilmastoon vaikuttavat kosteudet ovat ilman suhteellinen kosteus sekä rakenteiden kosteus. Tässä opinnäytetyössä käsitellään pelkästään ilman suhteellista kosteutta, koska siihen sisältyvässä kuntoarviossa ei oteta kantaa rakenteisiin.

Ilman suhteellinen kosteus määräytyy absoluuttisesta kosteudesta ja kastepisteestä. Absoluuttinen kosteus tarkoittaa sitä, kuinka paljon vettä tietyn lämpöinen ilma voi maksimissaan sisältää (g/m^3). Kastepiste taas tarkoittaa lämpötilaa, jossa ilmassa oleva vesi alkaa ilman jäähtyessä tiivistyä pisaroiksi eli saavuttaa kyllästystilan. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että mitä kylmempää ilma on, sitä vähemmän se voi sisältää vesihöyryä. Sisäilman suhteellinen kosteus tulisi olla jossain 20–60 %:n välillä normaalin mukaisissa sisälämpötiloissa, mutta riippuen ilmastosta se ei ole aina saavutettavissa. Liian korkea sisäilman kosteus aiheuttaa rakenteissa ja pinnoissa kuten ikkunoissa kosteuden tiivistymistä ja edistää esimerkiksi mikrobikasvua, kun taas liian kuiva ilma aiheuttaa ihmisissä oireita hengitysteissä ja lisää jonkin verran pölyävyyttä. Liian kuivaksi koettua sisäilmaa esiintyy ilmastoltaan Suomen kaltaisissa olosuhteissa, joissa kuivaa pakkasilmaa tuodaan sisäilmaan. Kuitenkaan pelkästään huoneilman kosteuden muutoksia raja-arvojen ulkopuolelle ei pidetä tilan käyttäjien terveydelle haitallisena. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 46–51.)

Jotta sisäilman laatu saadaan pidettyä hyvänä, ilmassa esiintyviä kemiallisia ja ihmisistä peräisin olevia epäpuhtauksia on tarpeellista poistaa ja tuoda tilalle ulkoilmaa. Näiden epäpuhtauksien poistaminen ja tilalle tarvittavan korvausilman tuominen hoidetaan toimivalla ilmanvaihdolla. Ilmanvaihdon toimivuuden mittarina voidaan käyttää esimerkiksi sisäilmassa esiintyvän hiilidioksidin määrää. Tämä toimii varsinkin kohteissa, joissa on painovoimainen ilmanvaihto eikä poistoilmanvirta ole helposti mitattavissa venttiileistä. Vanhoissa rakennuksissa hyväksytään tapauskohtaisia poikkeuksia, joissa riittävästä ilmanvaihdosta huolehditaan esimerkiksi ikkunatuuletuksen avulla. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 56–57.)

Taulukossa 2 näkyy rakentamismääräyskokoelman D2 asettamat ulkoilmavirrat tiloille, joita tässä opinnäytetyössä tutkitaan.

Taulukko 2. D2 asettamat ulkoilmavirrat tiloille

Tila	Ulkoilmavirta (dm ³ /s)/hlö	Ulkoilmavirta (dm ³ /s)/m ²
Asuintilat	6	
Asiakastila		2
Kahvio/taukotila		5
Toimistohuone	8	4

(D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2011, 25–26.)

3.4 Psykologiset tekijät

Kun sisäilmaston laatua mitataan käyttäjien tyytyväisyydellä, voidaan psykologisia tekijöitä pitää tärkeänä, jopa merkittävimpänä tekijänä sisäilmaston laatuun. O. ja M. Seppäsen (1996) mukaan ihmiset voivat sietää huonoa sisäilmaa pitkiäkin aikoja esimerkiksi työpaikalla, jos heidän olosuhteet ja motivaatio ovat muuten korkealla tasolla esimerkiksi palkan tai hyvän työilmapiirin vuoksi. (Seppänen, O. & Seppänen, M. 1997, 11.)

Tätäkin opinnäytetyötä tehdessä Tohmajärven kunnallistalon käyttäjien kanssa keskustellessa oli havaittavissa kenties tunneperäisiä kannanottoja rakennuksen kunnosta ja sisäilmasta puhuttaessa. Suurimman osan käyttäjien mielestä rakennus oli kunnossa ja viihtyvyys tiloissa oli hyvä, vaikka osassa tiloista oli jo aistinvaraisesti havaittavissa mm. tunkkaisuutta ja lämpötilojen suurtakin vaihtelua.

Vanhaa rakennusta tutkittaessa ja käyttäjien kokemuksia selvittäessä tulisivin osata ottaa huomioon mahdolliset psykologiset tekijät, jotka voivat ilmetä esimerkiksi tunneperäisinä mielipiteinä kyselyissä. Psykologiset tekijät voivat vaikuttaa ongelmien vähättelyyn tai liioitteluun. Sisäilmastoa ja sisäilmaongelmia tutkivalle voikin olla erittäin haasteellista havaita, milloin psykologiset tekijät vaikuttavat

käyttäjien mieliteorioihin ja tunteisiin, jos käyttäjiä ja rakennusta ei tunne kunnolla. Työpaikalla yhden henkilön mielipide huonosta sisäilmasta voi yhtäkkiä muuttua useamman kokemaksi, vaikka ennen kaikki olisivat olleet tyytyväisiä. Huonon sisäilman tuntemusta saattaa joku myös peitellä ja vähätellä esimerkiksi työpaikan menettämisen pelon tai rakennuksen tulevaisuuden pelon takia. Voidaankin sanoa, että psykologisten tekijöiden havaitseminen vaatii tutkijalta ihmistuntemusta sekä niin sanottua maalaisjärkeä. (Seppänen, O. & Seppänen, M. 1997, 11.)

3.5 Painovoimainen ilmanvaihto

Painovoimainen ilmanvaihto on yleinen ilmanvaihtotapa vanhoissa rakennuksissa. Painovoimaisen ilmanvaihdon toiminta perustuu fysiikan lakeihin eli kylmän ja lämpimän ilman tiheyseroihin, jonka lisäksi myös tuulen vaikutuksiin. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että lämmin ilma nousee aina ylös päin. Poistoilma vieään tyypillisesti jokaisesta poistoilmaventtiilistä omalla hormillaan vesikatolle. Poistoilmahormien tulisivat olla mahdollisimman suorat eikä niissä tulisi olla pitkiä vaakavetoja vähäisten paine-erojen takia. Korvausilma rakennukseen tulee korvausilmaventtiilien ja ilmanvuotojen kautta. (Seppänen, O. & Seppänen, M. 1997, 166–169.)

Painovoimainen ilmanvaihto toimii näin ollen hyvin talvella, mutta huonosti kesällä johtuen pienistä lämpötilaeroista. Tämä onkin yksi painovoimaisen ilmanvaihdon ongelmista. Painovoimaista ilmanvaihtoa voi kesäisin tehostaa ikkunatuuletuksen avulla, mutta muuten ilmanvaihdon tehostus ei ole mahdollista. Tämä on toinen painovoimaisen ilmanvaihdon ongelmista. Edellä mainittujen seikkojen takia ilmanvaihto jää usein liian vähäiseksi tai ilma voi liikkua jopa väärään suuntaan. Lisäksi esimerkiksi liesituuletin yhdistettynä puutteelliseen korvausilman tuloon voi aiheuttaa virtauksia väärään suuntaan poistoilmakanavistossa. (Seppänen, O. & Seppänen, M. 1997, 166–169.)

4 Sisäilmaston laadun arvioiminen

4.1 Sisäilmastoluokitukset

Suomessa ensimmäinen luokitus sisäilmastosta julkaistiin vuonna 1995 nimellä Sisäilmaston, rakennustöiden ja pintamateriaalien luokitus, joka on sen jälkeen korvattu jo useammalla uudella versiolla. Ensimmäinen korvaava julkaisu, Sisäilmastoluokitus 2000, julkaistiin vuonna 2001. Kolmas julkaisu, ja nykyisinkin vielä käytössä oleva Sisäilmastoluokitus 2008 julkaistiin vuoden 2008 lopussa. Uusin versio, Sisäilmaluokitus 2018 on tulossa vuoden 2018 aikana. (Sisäilmayhdistys ry. 2018.)

Sisäilmastoluokitus on tarkoitettu avuksi suunnitteluun, urakointiin ja rakennustarviketeollisuuteen, jotta voitaisiin rakentaa entistä terveellisempiä ja viihtyisämpiä rakennuksia. Sisäilmaluokitus on pääasiallisesti tarkoitettu uudisrakentamiseen, mutta sitä voidaan myös soveltaa korjausrakentamisessa. Luokitus antaa tavoite- ja suunnitteluarvoja tavanomaisille työ- ja asuintiloille sisäilmaston suhteen, mutta se ei kuitenkaan kumoa viranomaismääräyksiä ja niistä julkaistuja tulkintoja. Luokituksessa esitetyt tavoitearvot sisältävät suunnittelulle ja toteutukselle asetetut ohjeet esimerkiksi puhtausluokituksista ja suunnitteluarvoista talotekniikan, rakennuksen ja rakenteiden suhteen. Lisäksi luokituksessa on kerrottu tavoitearvojen vaatimukset ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokituksista ja rakennusmateriaalien päästöluokituksista. (LVI 05-10440 2009, 3–5.)

Sisäilmastoluokat on jaettu kolmeen laatuluokkaan S1, S2 ja S3. S1 tarkoittaa yksilöllistä sisäilmastoa ja on luokista paras. S1-luokka tarkoittaa lyhyesti sitä, että sisäilmastossa ei ole mitään häiritseviä tekijöitä ja käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja ja valaistusta. S2-luokka tarkoittaa hyvää sisäilmastoa, jolloin tiloissa ei ole häiritseviä hajuja, ilman laatua heikentäviä tekijöitä,

lämpöolot ovat hyvät ja tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset ääni- ja valaistusolosuhteet. S2-luokka sallii tilojen yllämpenemisen kesäpäivinä. S3-luokka tarkoittaa tyydyttävää sisäilmastoa, jolloin kaikki sisäolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset. (LVI 05-10440 2009, 3–5.)

4.2 Rakennusmateriaalien päästöluokitus

Rakennusmateriaalien päästöluokitus määrittää vaatimukset hyvän sisäilman kannalta käytettäville materiaaleille tavanomaisissa työ- ja asuintiloissa. Rakennusmateriaalien päästöluokitus on jaettu kolmeen eri puhtaustasoon M1, M2 ja M3, joista M1-luokitus tarkoittaa vähiten epäpuhtauksia tuottavia materiaaleja. M1 luokassa haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) kokonaisemission rajaksi on asetettu $<0,2 \text{ mg/m}^2\text{h}$ ja yhdisteistä vähintään 70 % on tunnistettava. Muita M1-luokituksen vaatimuksia on esimerkiksi formaldehydin (H_2CO) emissio, joka on oltava $<0,05 \text{ mg/m}^2\text{h}$, sekä materiaalien hajuttomuus. M2 luokassa vastaavat vaatimukset ovat haihtuville orgaanisille yhdisteille $<0,4 \text{ mg/m}^2\text{h}$, formaldehydille $<0,125 \text{ mg/m}^2\text{h}$ ja vastaava materiaalien hajuttomuus kuin M1-luokassa. (LVI 05-10440 2009, 17–18.)

4.3 Sisäilmaston ja sisäilman mittaaminen

Sisäilmasta on aiheellista suorittaa mittauksia, mikäli tilojen käyttäjät ovat tyytymättömiä sisäilmaan tai heillä esiintyy sisäilmasta johtuvia terveyshaittoja. Mittaamista käytetään sisäilmahaitan aiheuttajan selvittämiseen, jotta se olisi mahdollista poistaa. Mittaamista ei kuitenkaan tarvita, mikäli sisäilmahaitan aiheuttaja on ilmeinen. Luotettavan mittaustuloksen saaminen kohteesta on kuitenkin aina epävarmaa, sillä tilojen tulee olla mittauksien aikana normaalin mukaisessa käytössä ja tilojen käyttäjien toiminta voi aiheuttaa vääristyneitä mittaustuloksia. (Seuri & Palomäki 2000, 15–20.)

4.3.1 Kemiallisten epäpuhtauksien mittaus sisäilmasta

Mikäli rakennuksen tiloja käyttävillä henkilöillä ilmenee sisäilmasta johtuvia sairauksia, oirehtimisia tai muita haju- ja terveyshaittoja on rakennuksessa syytä suorittaa kemiallisten epäpuhtauksien mittauksia. Ilmassa esiintyvät kemialliset yhdisteet olisi hyvä selvittää aluksi mahdollisuuksien mukaan aistinvaraisin keinoin esimerkiksi hajuhavaintojen perusteella, jonka lisäksi käymällä läpi materiaaliselvityksiä. Tämän lisäksi olisi hyvä tarkastaa myös rakennuksen sisä- ja ulko-olosuhteet ennen mittauksien aloittamista. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 129.)

Mahdollisimman todenmukaisten mittau tulosten saamiseksi mitattavan tilan tulisi olla normaalin mukaisessa käytössä mittauksien aikana. Ilmanäytteitä otetaan tavallisesti yhdestä kahteen riippuen mitattavasta rakennuksesta, jonka lisäksi vertailunäyte, mikäli mahdollista. Ilmanäytteen ottaminen tapahtuu mahdollisimman keskeltä huonetta noin 1,1 m korkeudesta tiloista joissa esiintyy pohjatietojen mukaan eniten ongelmia. Vertailumittaus suoritetaan mahdollisimman samankaltaisesta tilasta, jossa ei ole havaittu epäpuhtauksia. Jos on mahdollista, että epäpuhtaudet ovat peräisin rakennuksen ulkopuolelta on syytä ottaa myös ulkoilmanäyte. Taulukossa 3 esitettynä kemiallisten epäpuhtauksien tavoitearvot. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 129–130.)

Taulukko 3. Sisäilmaston kemiallisten epäpuhtauksien tavoitearvot.

	S1	S2	S3	Yksikkö
TVOC	<0,2	<0,3	<0,6	mg/m ³
Hiilidioksidi (CO ₂)	<1350	<1620	<2160	mg/m ³
	<750	<900	<1200	ppm
Hiilimonoksidi (CO)	<2	<5	<8	mg/m ³
Hajuvoimakkuus	<2	<4	<5,5	desipol

(Seppänen, O. & Seppänen, M. 1997, 14; LVI 05-10440 2009, 6.)

4.3.2 Lämpöolojen ja ilmankosteuden mittaaminen

Lämpötilojen tutkiminen on aiheellista, mikäli ilmenee syytä epäillä tutkittavan tilan lämpötilojen vaikuttavan asumisterveyteen. Ennen mittauksia suoritetaan aistinvarainen arvio mitattavista tiloista. Mitattaviksi tiloiksi valitaan esimerkiksi käyttäjäkyselystä kerättyjen tulosten perusteella ongelmallisimmat. Tämän lisäksi vertailumittauksia tulisi suorittaa pohjatietojen mukaan ongelmattomista tiloista, jonka lisäksi rivi- ja kerrostaloissa tulisi mitata myös päätyhuoneistoista. Mahdollisimman todenmukaisten mittaustulosten saamiseksi mitattavan tilan tulisi olla normaalin mukaisessa käytössä mittauksien aikana. Suoritusajankohdaksi tulisi valita Asumisterveysohjeen mukaan kylmä vuodenaika. Asumisterveysohje on määritellyt vertailuolosuhteiksi $T_u = -5\text{ °C}$ ja $T_i = +21\text{ °C}$. Mikäli mittaolosuhteet eivät täsmää vertailuolosuhteiden kanssa, voidaan tulokseksi saatuja pintalämpötiloja verrata ohjearvoihin lämpötilaindeksin avulla. Mittauksia ei kuitenkaan tule suorittaa erityisen kylmän tai tuulisen sään aikana (Etelä-Suomen ulkolämpötilan alarajaksi on määritetty -26 °C .) Myös esimerkiksi suoranainen auringonpaiste heikentää varsinkin pintalämpötilojen mittaustulosten paikkansa pitävyyttä.

Itse mittaukset suoritetaan kahdessa vaiheessa. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 40–42.)

Ensimmäisessä vaiheessa lämpötila tulee mitata oleskeluvyöhykkeeltä havainnoiden samalla ilmanvirtauksia tilassa esimerkiksi merkkisavua apuna käyttäen. Mittauksia ei ole aiheellista jatkaa, mikäli oleskeluvyöhykkeen lämpötila on +20 °C tai yli, eikä vetoisuutta ilmene. Jos oleskeluvyöhykkeen lämpötila on alle +18 °C tai vetoisuuksia ilmenee, lämpöolot eivät ole terveydensuojeluviranomaisen vaatimalla tasolla. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 40–42.)

Vaiheeseen kaksi siirrytään, jos mitattu oleskeluvyöhykkeen lämpötila on +18–20 °C tai mikäli savukokeissa ilmenee aihetta epäilykseen vetoisuudesta. Tällöin mitataan ilman liikenopeus sekä operatiivinen lämpötila. Mikäli operatiivinen lämpötila alittaa +18 °C tai on yli 3 °C vähemmän kuin mitattu huonelämpötila, mitataan tällöin lattian ja seinien pintalämpötilat. Pintalämpötilat tulisi mitata esimerkiksi lämpökameraa apuna käyttäen, mikäli ilmenee aihetta epäillä rakennuksen ulkovaipassa olevan hyvin alhaisia lämpötiloja. Vaiheen kaksi mittaukset voivat olla aiheellisia myös silloin kun mitattavan tilan muoto tai sijainti ovat normaalista poikkeavia. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 40–42.)

Sisäilman suhteellisen kosteuden mittaus tapahtuu samoista pisteistä kuin lämpötilan mittaaminen. Sisäilman suhteellinen kosteus tulisi olla normaalin mukaisissa sisälämpötiloissa jossain 20–60 %:n välillä. Koska ilman suhteellinen kosteus riippuu ilman lämpötilasta eli mitä kylmempää ilma on sitä vähemmän se voi sisältää vesihöyryä, tulee lämpötila mitata samaan aikaan kosteuden kanssa ja ilmoittaa mittaustuloksissa. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 46–47.) Taulukoissa 4 ja 5 esitetty ilman lämpötilojen, operatiivisten lämpötilojen sekä ilman suhteellisten kosteuksien tavoitearvot.

Taulukko 4. Sisäilmaston lämpötilojen ja suhteellisten kosteuksien tavoitearvot.

	S1	S2	S3	Yksikkö
Sisälämpötila				
Talviaika	21–22	21–23	20–24	°C
Kesäaika	22–25	22–27	22–27	°C
Lämpötilaero pystysuunnassa	<2	<3	<4	°C
Lattian pintalämpötila	19–29	19–29	17–31	°C
Ilman suht. kosteus (RH)				
Talviaika	25–45	(ei ohjearvoa)	(ei ohjearvoa)	%
Kesäaika	30–60	(ei ohjearvoa)	(ei ohjearvoa)	%

(Seppänen, O. & Seppänen, M. 1997, 14.)

Taulukko 5. Sisäilmastoluokituksen 2008 lämpötilojen tavoitearvot.

	S1	S2	S3
Operatiivinen lämpötila t_{op} (°C)			
$t_u \leq 10^\circ\text{C}$	21,5*	21,5*	21
$10 < t_u \leq 20^\circ\text{C}$	$21,5 + 0,3 \times (t_u - 10)^*$	$21,5 + 0,3 \times (t_u - 10)$	$21 + 0,4 \times (t_u - 10)$
$t_u > 20^\circ\text{C}$	24,5'	24,5	25
Sallittu poikkeama (°C)	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
t_{op} max. (°C)	$t_{op} + 1,5$	$t_u \leq 10^\circ\text{C}$: $t_{op} + 1,5$ $10 < t_u \leq 20^\circ\text{C}$: $23 + 0,4 \times (t_u - 10)$ $t_u > 20^\circ\text{C}$: 27	$t_u \leq 15^\circ\text{C}$: 25 $t_u > 15^\circ\text{C}$: $t_{u\max} + 5$
t_{op} min. (°C)	20	20	18
Olosuhteiden pysyvyys (% käyttöajasta)			
toimi- ja opetustilat	95%	90%	-
asunnot	90%	80%	-

*S1-luokituksen mukaan tilakohtaisen lämpötilan on oltava mahdollista säätää välillä $t_{op} \pm 1,5^\circ\text{C}$. Mikäli tilassa on useita henkilöitä, tällöin lämpötilan tavoitetasona käytetään taulukossa 3 esitettyjä tavoitearvoja. (LVI 05-10440 2009, 5.)

Operatiivinen lämpötila tarkoittaa säteilyn ja konvektion yhteisvaikutusta, joka on likimain ilman lämpötilan sekä säteilylämpötilan keskiarvo. (Seppänen, O. & Seppänen, M. 1997, 17–18.)

4.3.3 Ilmanvaihdon toimivuuden tutkiminen

Mikäli ilmanvaihdon oletetaan toimivan huonosti tai ei lainkaan, on aiheellista tutkia ilmanvaihtoa. Riippumatta ilmanvaihtojärjestelmästä, tutkiminen olisi hyvä aloittaa astinvaraisin menetelmin, joihin kuuluvat venttiilien tarkastaminen, ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden tarkastaminen sekä sisäilman laadun havainnointi. Painovoimaisessa sekä koneellisessa poistoilmanvaihdoissa tulee ensimmäisenä huomioida riittävä ulkoilmanvirta sekä venttiilien sijainti ja puhtaus. Tämän jälkeen tulee selvittää tilojen ilmanvirtaussuunta. Mikäli taas tulo- ja poistoilmanvaihto rakennuksessa on järjestetty koneellisesti, tarkastetaan myös ilmanvaihtokoneen suodattimien kunto ja tiiveys. Aistinvaraisen tarkastelun jälkeen siirrytään tarvittaessa suorittamaan erilaisia mittauksia. Näistä yleisimmin käytettyjä ovat ilmanvirtaus- ja paine-eromittaukset sekä kulkeumamittaukset. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 58–59.)

4.4 Lämpökuvaaminen

Lämpökuvaamisen tarkoituksena on selvittää rakennuksen ulkovaipan lämpötekninen toimivuus, sekä sen avulla voidaan havaita rakennuksen lämpövuotokohtia, eristyspuutteita, ilmavuotoja, kylmäsiltoja ja kosteusvaurioita sekä määrittää helposti rakennuksen suurten pintojen pintalämpötilat ja niiden jakaumat rakenteita avaamatta. Lämpökuvaajalta edellytetään ammattitaitoa rakennustekniikasta sekä lämpökuvaamisesta. Teknologian tutkimuskeskus myöntää henkilösertifikaatteja, jolla lämpökuvaaja voi todistaa pätevyytensä. (RT 14-11239 2016, 1.)

4.4.1 Lämpökameralla kuvaaminen

Kuvaus suoritetaan kiertämällä rakennus järjestelmällisesti tila kerrallaan kuvaten rakennuksen ulkovaippaa. Mahdollisesti muitakin sisäpintoja voidaan kuvata tarvittaessa. Kuvausetäisyys sisällä tulee olla kahdesta neljään metriä ja ulkona alle kymmenen metriä, mikäli mahdollista. Lämpökuvatessa tulee huomioida vallitsevat sääolosuhteet. Lämpökuvauksien aikaan tuulen nopeus ei saisi ylittää 10 m/s, eikä aurinko saisi lämmittää kuvattavaa kohdetta kevyt rakenteisissa rakennuksissa edelliseen 12 tuntiin ja raskasrakenteisissa 24 tuntiin. Myös rakennuksen alipaineisuus on oltava rajoissa -0...-5 Pa, kuitenkin maksimissaan -15 Pa. Lisäksi lämpökuvausraportissa tulee mainita, mikäli ulkolämpötila muuttuu kuvausten aikana $>5\text{ °C}$ tai sisälämpötila $>2\text{ °C}$. Lämpökuvauksessa tulee ottaa lisäksi huomioon kuvattavan pinnan emissiivisyys. Emissiivisyydellä tarkoitetaan lyhyesti pinnan kykyä heijastaa lämpösäteilyä. Kuvattavan pinnan emissiivisyyden ilmoittamiseen käytetään emissiokerrointa. Yleisesti lämpökuvauksissa käytetty emissiokerroin on 0,9–0,95 välillä. (RT 14-11239 2016, 2–6.)

4.4.2 Pintalämpötilat ja lämpötilaindeksi

Rakennuksen sisäpuolisissa pintalämpötiloissa on aina vaihtelua, vaikka rakenteissa ja eristeissä ei olisikaan mitään vikaa tai puutteita. Kylmäsillat ovat tyypillisiä normaalia kylmempien pintalämpötilojen aiheuttajia. Rakennuksissa kylmäsillat ovat tyypillisesti ulkonurkat ja lattianrajat. Kylmien pintojen aiheuttama veto ja viileys vaikuttavat negatiivisesti viihtyvyyteen, mutta pitkäkestoisena voivat aiheuttaa myös terveyshaittoja.

Viranomais määräykset ja ohjeet eivät anna selkeitä raja-arvoja sallituille rakennuksen sisältä mitatuille pintalämpötiloille. Se johtuu siitä, että pintalämpötiloihin vaikuttaa rakenteiden ja niiden kunnon lisäksi niin moni eri asia. Rakennuksen ulkovaipan sisäpuolisiin pintalämpötiloihin vaikuttavat rakenteiden lisäksi lämmi-

tys- ja ilmanvaihtojärjestelmien toiminta, sääolosuhteet sekä sisäiset kuormat kuten valaistus. Asumisterveysohje antaa huonetiloille ja huoneilmalle ohjearvot, jotka perustuvat mittaolosuhteisiin, joissa sisäilman lämpötila on +21 °C ja ulkoilman lämpötila -5 °C. Asumisterveysohjeen antamat ohjeet pintalämpötiloista ja lämpötilaindekseistä näkyvät alla olevasta taulukosta (taulukko 6).

Taulukko 6. Asumisterveysohjeen antamat ohjeet pintalämpötiloista ja lämpötilaindekseistä.

Asunto ja muu oleskelutila	välttävä taso	<i>TI</i> (%)	hyvä taso	<i>TI</i> (%)
Seinän lämpötila (°C)	16	81	18	87
Lattian lämpötila (°C)	18	87	20	97
Pistemäinen pintalämpötila (°C)	11	61	12	65

Pintalämpötiloja voidaan mitata helpoiten lämpökameran avulla. Mikäli mittaushetkellä sisälämpötila poikkeaa arvosta +21 °C tai ulkolämpötila arvosta -5 °C, käytetään mittaustulosten arvioinnissa laskettua lämpötilaindeksiä. Lämpötilaindeksi *TI* ilmoitetaan prosentin tarkkuudella ja voidaan laskea kaavalla 1.

$$TI = (T_{sp} - T_o) / (T_i - T_o) \times 100 \% \quad (1)$$

missä

TI = lämpötilaindeksi, %

T_{sp} = Sisäpinnan lämpötila, °C

T_o = ulkolämpötila, °C

T_i = sisälämpötila, °C

Lämpötilaindeksillä voidaan arvioida rakennuksen vaipan lämpötekniistä toimivuutta. Selkeistä lämpökuvauksissa havaituista poikkeamista, kuten erityisen alhaisista pintalämpötiloista ja ilmavuodoista lasketaan lämpötilaindeksi. Poikkeamista joissa lämpötilaindeksi on alle 70 %, tehdään lisäksi korjausluokitusarvio. Asuin- ja oleskelutiloille on neliportainen korjausluokitus, joka on jaettu lämpötilaindeksin mukaan seuraavasti huonoimmasta parhaimpaan:

1. Korjattava

- $TI < 61$ % pistemäisille poikkeamille. Pinnan lämpötila ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa. Heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa

2. Korjaustarve selvitettävä

- TI 61–65 % pistemäisille poikkeamille. Korjaustarve erikseen harkittava. Ei täytä asumisterveysohjeen hyvää tasoa mutta täyttää välttävän tason.

3. Lisätutkimuksia

- $TI > 65$ % pistemäisille poikkeamille. Tilan käyttötarkoitus huomioon ottaen on piilee kosteus- ja lämpötekni- sen toiminnan riski. Täyttää asumisterveydelle asetetun hyvän tason vaatimukset. Tarkasteltava rakenteen kosteustekninen toiminta tai tehtävä muita lisätutkimuksia.

4. Hyvä

- $TI > 65$ % pistemäisille poikkeamille. Ei korjaustoimenpiteitä. Täyttää asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset.

(Paloniitty Oy. 2014.)

4.5 Käyttäjäkysely

Hyvää tai huonoa sisäilmastoa ei voi osoittaa mittaamalla. Mittauksilla voidaan selvittää sisäilmaston ongelmalähteitä, mutta todellisia mittareita ovat käyttäjät. Yleisesti hyvä sisäilmasto määritellään siten, että siitä ei aiheudu terveyshaittoja ja tilan käyttäjät ovat sisäilmastoon tyytyväisiä. Todellinen sisäilmaston laatu määritelläänkin käyttäjien kokemusten perustella, ja siksi kyselyt ovat erittäin oleellinen osa sisäilmastoa koskevia tutkimuksia. (Seuri & Palomäki 2000, 83–84.)

Sisäilmastokysely on paitsi hyödyllinen, myös kustannustehokas tapa tiedon keräämiseen isolta joukolta sisäilmaongelmien selvittämisessä. Pitää kuitenkin

muistaa, että kyselyiden vastaukset ovat ihmisten mielipiteitä ja niihin saattaa vaikuttaa monetkin eri asiat, ja tulokset samoista tiloista voivat olla hyvinkin ristiriitaisia eri ihmisten välillä. Kysely onkin vain osa kokonaistavaltaista prosessia sisäilmaongelmien ja riskien selvityksessä, ja sillä kerätty tieto voi oikein tulkittuna auttaa esimerkiksi ongelmalähteiden rajauksessa tiettyyn tilaan tai ongelman aiheuttajaan. Kyselyllä voidaan myös selvittää suoritettujen korjaustoimenpiteiden vaikutuksia sisäilmaan tekemällä kysely ennen ja jälkeen korjaustoimenpiteitä. Suoritettujen korjausten jälkeen kysely tulee kuitenkin tehdä aikaisintaan puoli vuotta toimenpiteiden valmistumisesta ja siivouksesta. (Työterveyslaitos 2011, 73.)

Yleisesti sisäilmastoa koskevia kyselyitä on kahta eri tyyppiä, käyttäjäkyselyt sekä sisäilmasto- ja oirekyselyt. Käyttäjäkysely on suppea, tilan käyttäjien havaintoihin perustuva kysely, jossa ei pyydetä tietoja käyttäjien kokemista oireista, mutta voidaan pyytää havaintoja tietyistä ongelmallisiksi koetuista tiloista. Käyttäjäkyselyllä voidaan saada selville esimerkiksi tapahtuneet vesivahingot, poikkeuksellisten sääolosuhteiden aikana tehdyt havainnot, näkyvät kosteusvauriot ja poikkeavat hajut, tai rakennuksessa tehdyt remontit ja peruskorjaukset. (Ympäristöopas 2016, 23–24.)

Sisäilmasto- ja oirekyselyt ovat henkilökohtaisempia ja painottuvat käyttäjien kokemuksiin sisäilman laadusta, sairastelusta ja oireista, jotka liitetään kyseiseen rakennukseen. Sisäilmasto- ja oirekyselyä suositellaan tekemään vähintään 20 hengen joukoille, jolloin tuloksia ja johtopäätöksiä voidaan pitää luotettavimpina ja tuloksista saadaan helpommin tietoa esimerkiksi ongelman mahdollisesta aiheuttajasta ja sijainnista. Näin tutkimukset ja mittaukset voidaan kohdistaa todettuihin ongelmakohtiin kuten tiettyyn rakennusosaan. (Ympäristöopas 2016, 23–24.)

5 Sisäilmaston kuntoarvio kunnallistalosta

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin arvioimaan Tohmajärven kunnallistalon sisäilmaston kuntoa, johon kuului sisäilman, ilmanvaihdon ja lämpöolojen tutkiminen sekä rakenteiden lämpökuvaaminen. Kuntoarvion tekeminen aloitettiin jakamalla käyttäjäkyselylomakkeet tilojen käyttäjille, sekä tekemällä aistinvarainen arvio rakennuksesta. Näiden perusteella kerätyn pohjatiedon avulla määritettiin ongelmallisimmat tilat, joissa suoritettiin sisäilmamittauksia. Mittauksia päädyttiin tekemään viidestä eri pisteestä, jonka lisäksi tehtiin kaksi vertailumittausta pohjatietojen mukaan ongelmattomista tiloista. Lämpökuvauksen avulla selvitettiin rakennuksen ulkovaipan pahimpia vuotokohtia, pintalämpötiloja, sekä vedon aiheuttajia. Lämpökuvaukset suoritettiin rakennuksen kaikissa tiloissa kiertämällä rakennus alakerrasta aloittaen vastapäivään tila kerrallaan kuvaten rakennuksen ulkovaippaa. Kuvauksia suoritettiin myös rakennuksen ulkopuolelta etsien vuotokohtia. Käyttäjäkysely suoritettiin 16.–31.2.2018. Kuntoarvion tarkastukset suoritettiin 20.2.2018, lämpökuvaukset 5.–6.3.2018 ja sisäilmamittaukset 20.–29.3.2018.

5.1 Kuntoarvion kohde

Opinnäytetyön kuntoarvion kohteena on Tohmajärven kunnallistalo. Kohde on vuonna 1919 valmistunut suurikokoinen kaksikerroksinen puurakennus, jota on laajennettu ja remontoitu useassa eri rakennusvaiheessa vuosikymmenien saatossa. Alun perin rakennus toimi seuratalona Tohmajärven Kaurilassa, josta se siirrettiin nykyiselle paikalleen Tohmajärven keskustaan vuonna 1926. Tämän jälkeen rakennuksella on ollut useita eri käyttötarkoituksia muun muassa suojelukuntatalona, kouluna ja kunnantalona. Nykyisin rakennus toimii liike-, toimisto- ja harrastetiloina. Pääasiassa rakennus koostuu kahdesta eri hirsikehikosta, jotka on liitetty toisiinsa lattateräksin. Alkuperäinen hirsikehikko on noin 106 m², johon on liitetty vähän myöhemmin toinen noin 45 m² hirsikehikko. Myöhemmin rakennusta on laajennettu puurunkorakenteisena sivuille päin ja rakennukseen tehtiin

tällöin myös toinen kerros. Nämä laajennukset valmistuivat pääasiassa 1930-luvun lopulla, arvioiden mukaan vuonna 1937. Nykyinen rakennuksen kerrosala on 566 kr-m². (Koskela 2017, 3; Töyrylä 1989, 2–5.)

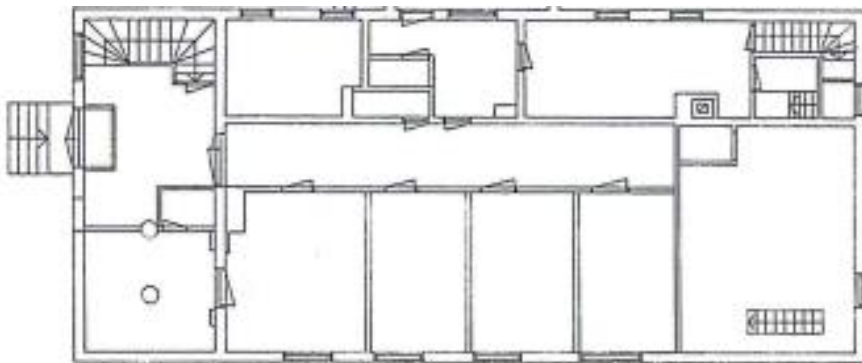
Lämmitysjärjestelmänä kiinteistössä toimii kaukolämpö vesikiertoisella patterilämmityksellä. Ilmanvaihto rakennuksessa on järjestetty painovoimaisesti, joissain tiloissa poistoilmanvaihtoa on tehostettu pienpuhaltimilla päätelaitteissa. Lähtötietoina kuntoarviolle on vuonna 1989 tehty kuntotutkimus sekä vuonna 2017 tehty AHA-kartoitus. Rakennuksen pohjapiirrokset ovat vuodelta 1989, jonka jälkeen tilat ovat joiltakin osin hieman muuttuneet (kuvat 2–5). (Koskela 2017, 3; Töyrylä 1989, 2–5.)



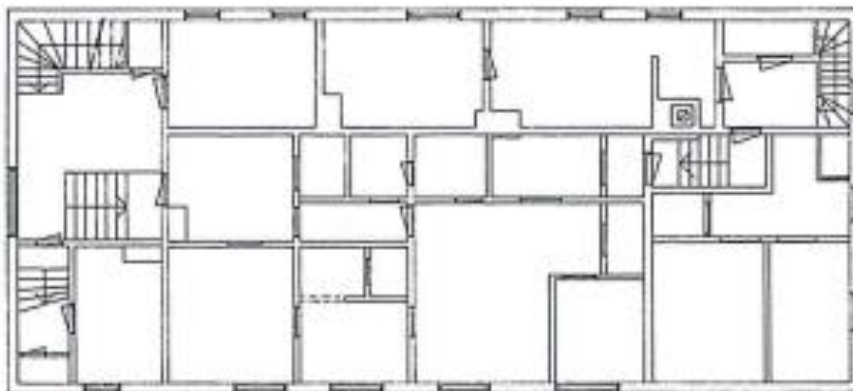
Kuva 1. Tohmajärven kunnallistalo keväällä 2018.



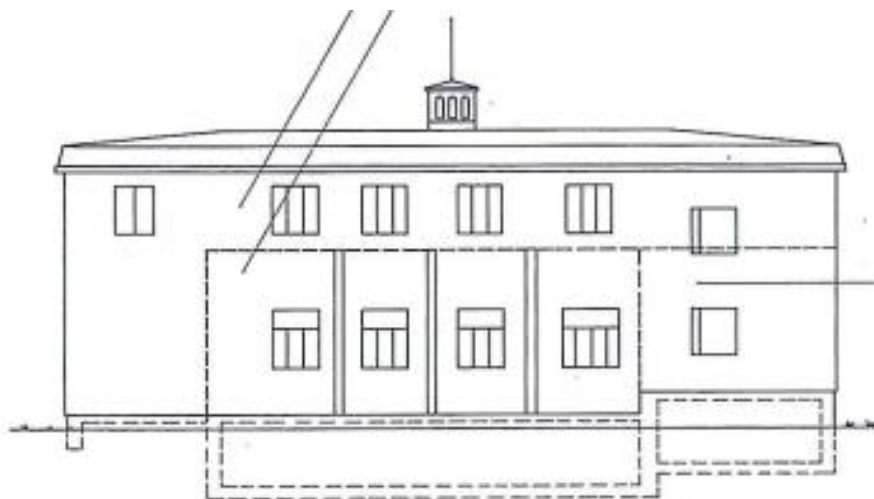
Kuva 2. Kellari kerros.



Kuva 3. Ensimmäinen kerros.



Kuva 4. Toinen kerros.



Kuva 5. Julkisivu.

5.2 Käyttäjäkyselyn analysointi

Kyselylomakkeena käytettiin sisäilmastokyselylomaketta, jonka muokkasimme Sisäilmayhdistys ry:n sivuilla olevasta käyttäjäkyselylomakkeen mallista (Liite 2). Kyselyyn vastaaminen tapahtui täysin anonyymisti eikä kyselyssä kysytty henkilön yksityisyyttä rikkovia kysymyksiä. Kyselyssä kysyttiin taustatietoja, tilojen käyttötarkoituksia ja tottumuksia, mielipiteitä rakennuksen kunnosta sekä sisäilmastoa koskevia havaintoja ja mielipiteitä lämpöolojen, sisäilman laadun ja melun osalta.

Vastauksia kyselyyn saimme 6 kappaletta, joka on noin 40 % rakennuksen käyttäjistä. Vastausten perusteella ongelmia koettiin vain syöpäyhdistyksen kirpputorin tiloissa sekä SPR:n kirpputorin tiloissa. Koetut ongelmat koskivat pääasiassa kuivaa sisäilmaa, sisäilman tunkkaisuutta ja pölyisyyttä sekä viemärin hajua. Lisäksi SPR:n kirpputorin tiloissa oli koettu lattiapintojen kylmyyttä. Ongelmien uskottiin johtuvan riittämättömästä ilmanvaihdosta ja siivouksen puutteesta sekä vanhoista ja huonokuntoisista rakennusmateriaaleista. Molemmissa ongelmallisiksi koetuissa tiloissa oli vastaajien mukaan sisäilmaan liittyvää oireilua, joka häviää oleskeltaessa poissa kyseisestä rakennuksesta. Edellä mainitut ongelmat olivat myös havaittavissa aistinvaraisesti kohteessa käynnin aikana. Kahta tilaa

lukuun ottamatta vastausten määrän ja luonteen perusteella ei voitu tehdä suuria johtopäätöksiä rakennuksen ja sisäilmaston kunnosta. Suuressa osassa vastauksia oli jätetty vastaamatta heti ensimmäisiin taustatietoja koskeviin kysymyksiin, kuten siihen, että missä tilassa vastaaja pääsääntöisesti työskentelee. Vastaus-
ten luonne oli jokseenkin rakennusta puolustelevaa ja tehtäviä tutkimuksia vastustelevaa. Useampaan kyselylomakkeeseen olikin kirjoitettu pidettävän kyselyä turhana, jolloin vastauksistakaan ei voitu tehdä suuria johtopäätöksiä. Kyselystä ei saatu suurta apua jatkotoimenpiteisiin, mutta se vahvisti käsitystämme siitä, että kunnantalo on sen käyttäjille ja kuntalaisille tärkeä ja merkityksellinen rakennus.

5.3 Aistinvarainen arvio opinnäytetyön kohteesta

Aistinvarainen arvio tehtiin rakenteita avaamatta tutkimalla rakennus tila kerrallaan havainnoimalla mahdollisia normaalista poikkeavia lämpötiloja, vetoja, hajuja ja ilman laatua. Lisäksi huomiota kiinnitettiin myös lattioiden, seinien ja nurk-
kien pintalämpötiloihin sekä ilmanvaihdon päätelaitteiden ja lämmityspatterien toimintaan.

Aistinvarainen arviointi suoritettiin kevättalvella ulkolämpötilan ollessa aamulla noin -15 °C ja päivälämpötilan ollessa noin -5 °C. Tällaisissa olosuhteissa ei poikkeavia lämpöoloja aistinvaraisesti havaittu muualla kuin porrashuoneissa ja eteisissä, joissa lämpötilat olivat aistinvaraisesti arvioiden viileät. Vetoisuuden tunnetta ja kylmiä pintoja ilmeni lukuisissa tiloissa. Pääasiassa näiden aiheuttajana olivat vuotavat ikkunoiden tiivisteet sekä paikoin myös vuodot rakenteissa. Epämiellyttäviä hajuja ja tunkkaisuutta havaittiin kellaritiloissa ja kiinteistössä toimivien kirpputorien tiloissa. Näissä tiloissa havaittiin myös kiinni olevia ja tukittuja korvausilmaventtiilejä, joka ovat osasyynä tilojen sisäilmaongelmille. Tämän lisäksi sisäilmaongelmia lisää myös kirpputorilla myytävänä olevat vanhat esineet ja tekstiilit.

Yläkerran tiloissa sisäolosuhteet vaikuttivat miellyttäviltä eikä muitakaan ongelmia ilmennyt ikkunoiden tiivisteiden lievää vuotamista lukuun ottamatta. Lämmityspatterit toimivat koko rakennuksessa aistinvaraisesti arvioiden hyvin eikä ongelmia havaittu.

5.4 Sisäilmastomittaukset opinnäytetyön kohteessa

Luotettavan sisäilmaston kuntoarvion tekemiseksi oli tarpeellista suorittaa erilaisia mittauksia sisäilmastosta. Mittauksien tekemisessä käytettiin pääasiassa GrayWolf AdvancedSence BE TVOC-mittaria, jonka lisäksi suoritettiin vertailumittauksia Trotec BZ30 mittari/loggerilla mittaustulosten laadun varmistamiseksi. Näillä mittalaitteilla sisäilmasta saatiin mitattua ilman lämpötilat, suhteellinen kosteus, haihtuvat orgaaniset yhdisteet, hiilidioksidi ja hiilimonoksidi.

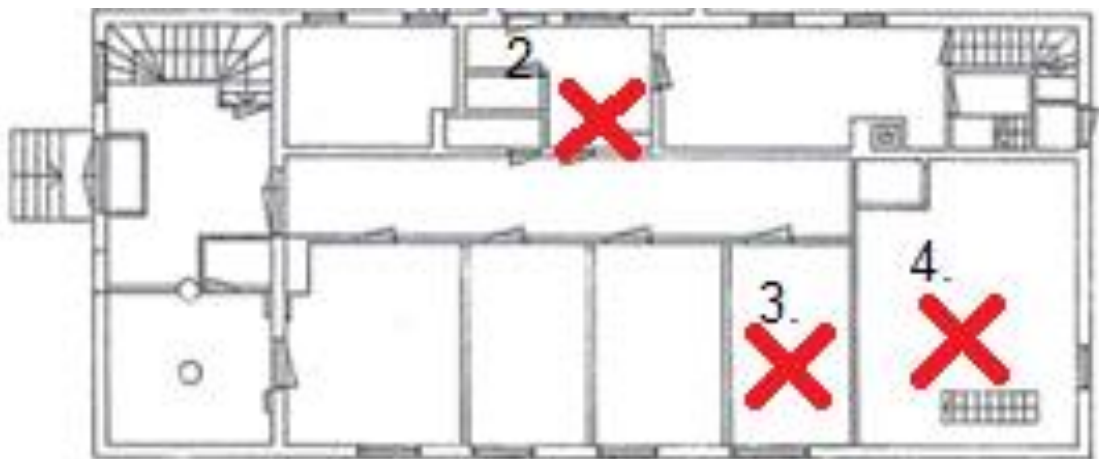
Mittaukset suoritettiin oleskeluvyöhykkeeltä mahdollisimman keskeltä huonetta noin 1,1 m korkeudelta lattiasta. Mitattavat tilat valikoituivat käyttäjäkyselyn sekä aistinvaraisesti tehtyjen havaintojen perusteella, jonka lisäksi mittauspisteitä valittiin myös Sosiaali- ja terveysministeriön julkaiseman Asumisterveysoppaan ohjeiden avulla. Myöskään rakennuksen kaikki tilat eivät ole päivittäisessä käytössä, joka vaikutti myös osaltaan mitattavien tilojen valintaan. Mittauspisteitä valikoitui kohteessa viisi, jonka lisäksi kaksi vertailumittausta. Mittauspisteet on merkitty alla oleviin pohjakuviin rastein ja numeroin (Kuvat 6–8). Sisäilmastomittauksien kestojen pituudeksi kohteessa päädyttiin valitsemaan kahdeksan tuntia (8–16), jonka aikana rakennus on normaalin mukaisessa käytössä kuusi tuntia (9–15), sekä kaksi tuntia tyhjillään. Tällä tavoin havaittiin tilojen käyttäjien vaikutukset sisäilmastossa. Mittausten väliksi asetettiin mittalaitteissa viisi minuuttia. Ulkoilman lämpötilat olivat kaikkien mittauksien ajan lähes identtisiä. Aamuisin lämpötila oli noin -15 °C ja päivän aikana lämpötilat nousivat lähelle nollaa astetta. Ulkoilman suhteellinen kosteus oli noin 60 % (-15 °C). Mittaustuloksia on kuvattu diagrammeilla (kuviot 1–14), joissa näkyy korkein ja matalin mitattu arvo.

Kellari



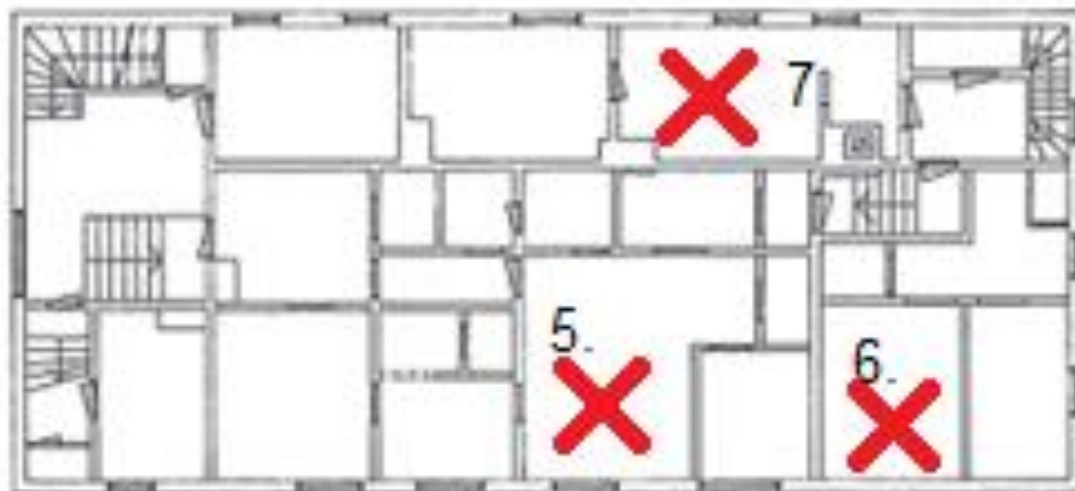
Kuva 6. Mittauspiste 1. SPR:n kirpputorin alakerta.

1. Kerros



Kuva 7. Mittauspiste 2. Työntekijöiden taukotila (vertailu mittaus). Mittauspiste 3 Syöpäyhdistyksen kirpputori. Mittauspiste 4. SPR:n kirpputorin yläkerta.

2. Kerros



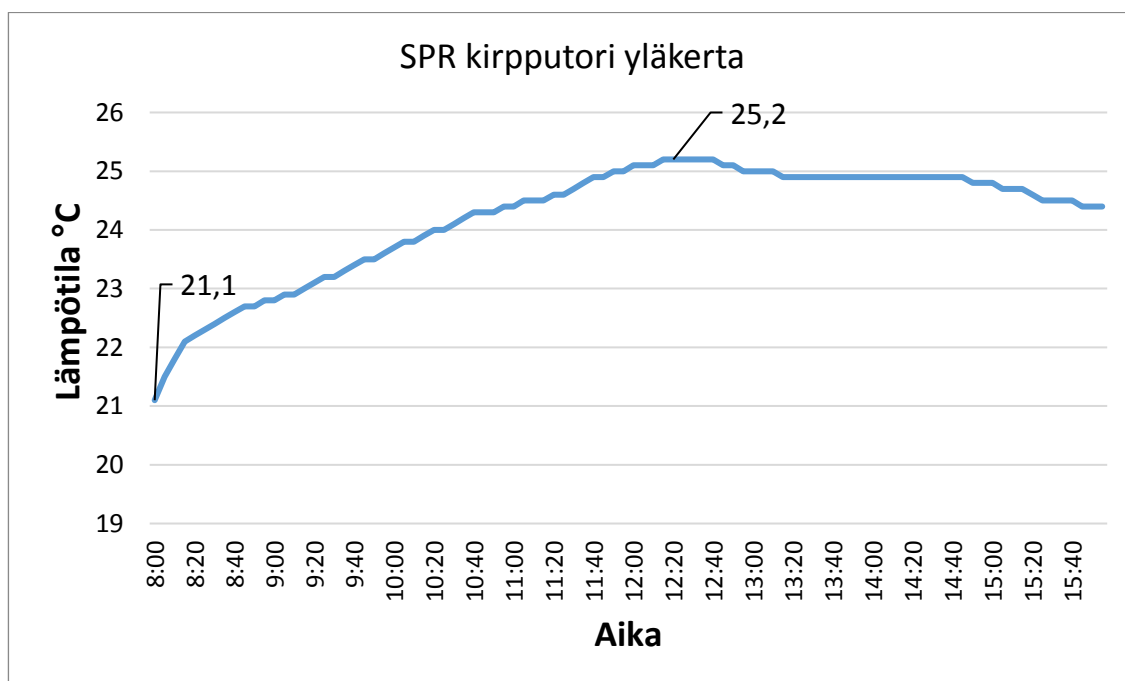
Kuva 8. Mittauspiste 5. vartiointiliikkeen yksityinen kuntosali. Mittauspiste 6. vartiointiliikkeen lepohuone. Mittauspiste 7. JHL:n toimisto. (Vertailumittaus)

5.4.1 Lämpötilat

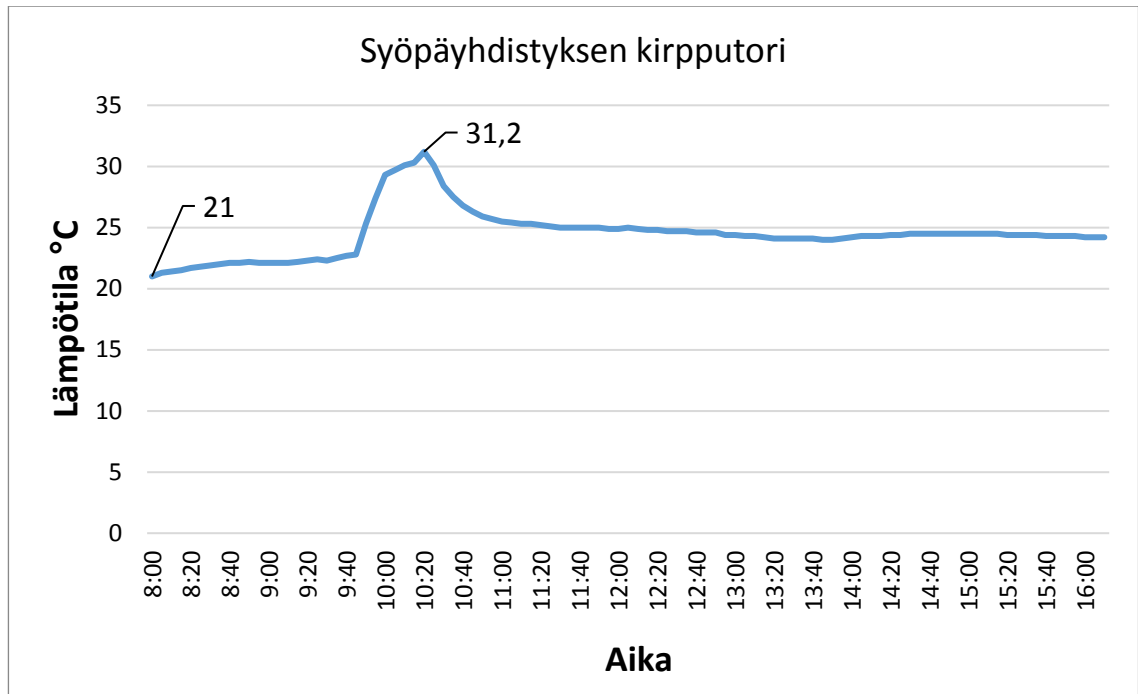
Aistinvaraisen arvion perusteella arvioitiin tarpeelliseksi käyttää lämpöolojen mittaamiseen sekä ilman lämpötilojen mittaamista mittareilla/loggereilla, että pinta-lämpötilojen selvittämistä lämpökameralla. Sisäilman lämpötiloja mitattaessa havaittiin jopa useiden asteiden eroja mittalaitteiden tuloksissa. GrayWolf AdvancedSence BE mittari näytti tilasta riippumatta karkeasti arvioiden 1–5 °C korkeampaa lämpötilaa kuin Trotec BZ30 mittari. Lämpötilaerojen suurimmaksi aiheuttajaksi mittareiden välillä havaittiin GrayWolf mittarin eristetty kuljetus-salkku, joka aiheutti korkeamman lämpötilan mittarissa. Tästä syystä Trotec -mittarin tuloksia on syytä pitää luotettavampana analysoitaessa ilman lämpötiloja sekä suhteellista kosteutta. Sisäilman lämpötilat olivat pääasiassa rakennuksessa kohtalaisen hyviä, noin 20–23 °C. Poikkeavia lämpötiloja havaittiin SPR:n kirpputorin yläkerrassa, syöpäyhdistyksen kirpputorilla ja työntekijöiden taukotilassa.

SPR:n kirpputorilla sekä Syöpäyhdistyksen kirpputorilla mitattiin huomattavasti korkeampia lämpötiloja kuin muissa tiloissa (kuvio 1 ja 2). Näissä tiloissa oleskeluvyöhykkeen lämpötila kohosi päivän aikana jopa yli 25 °C:een. Syöpäyhdistyksen tilassa lämpötila on hetkellisesti käynyt mittauksen aikana yli 31 °C:ssa, mutta tämän lämpöpiikin aiheuttajana on ollut suora auringonpaiste mittalaitteisiin. Näissä tiloissa lämpötilat ylittävät mittauksien aikana taulukon 4 sisäilmaluokituksen S3 tavoitearvot. Korkeiden lämpötilojen aiheuttajaa aurinkoa lukuun ottamatta ei paikannettu. Syynä voi olla esimerkiksi väärin säädetty lämmitysjärjestelmä tai puutteellinen ilmanvaihto.

Työntekijöiden taukotilassa mitattiin hyvin matalia ilman lämpötiloja (kuvio 3). Lämpötilat olivat koko mittauksien ajan 15–17 °C. Tässä tilassa lämpötilat alittavat koko mittauksen ajan reilusti Taulukon 4 sisäilmaluokituksen S3 tavoitearvot. Tilan kylmyyden aiheuttajana pidettiin hyvin kylmiä seinäpintoja, ajoittain avoinna olleita ulko-ovia sekä mahdollisesti puutteellista lämmitystä tilassa.



Kuvio 1. SPR kirpputorin yläkerran lämpötilan muutokset.



Kuvio 2. Syöpäyhdistyksen kirpputorin lämpötilan muutokset.



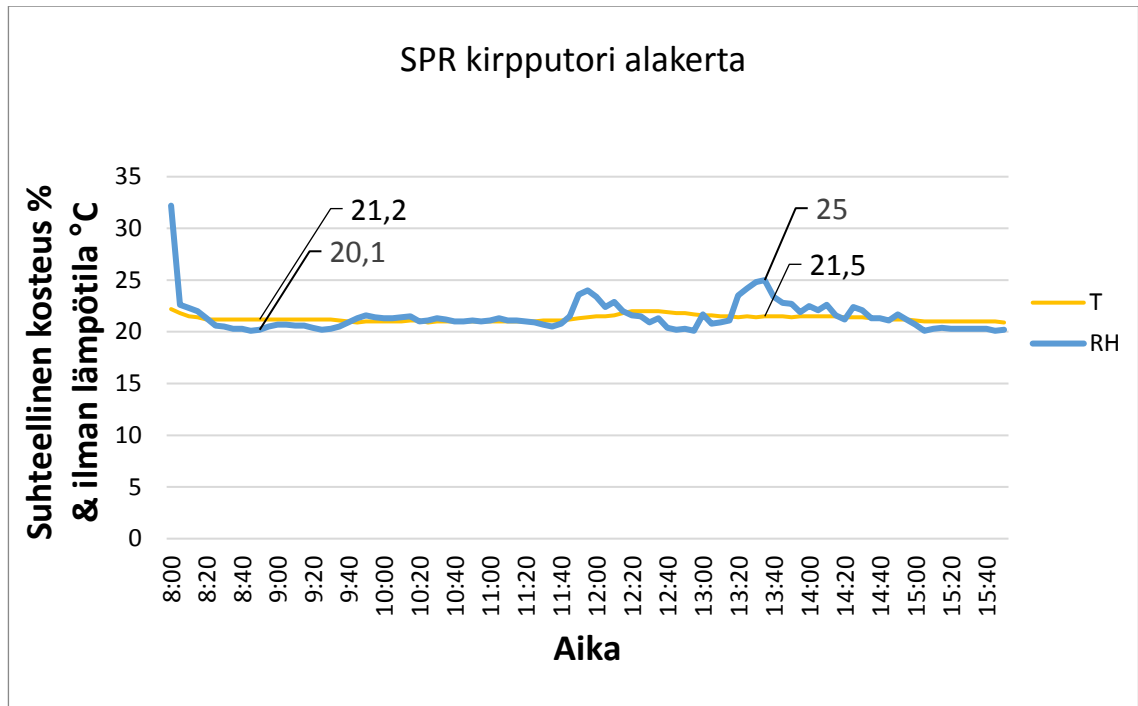
Kuvio 3. Työntekijöiden taukotilan lämpötilan muutokset.

5.4.2 Suhteellinen kosteus

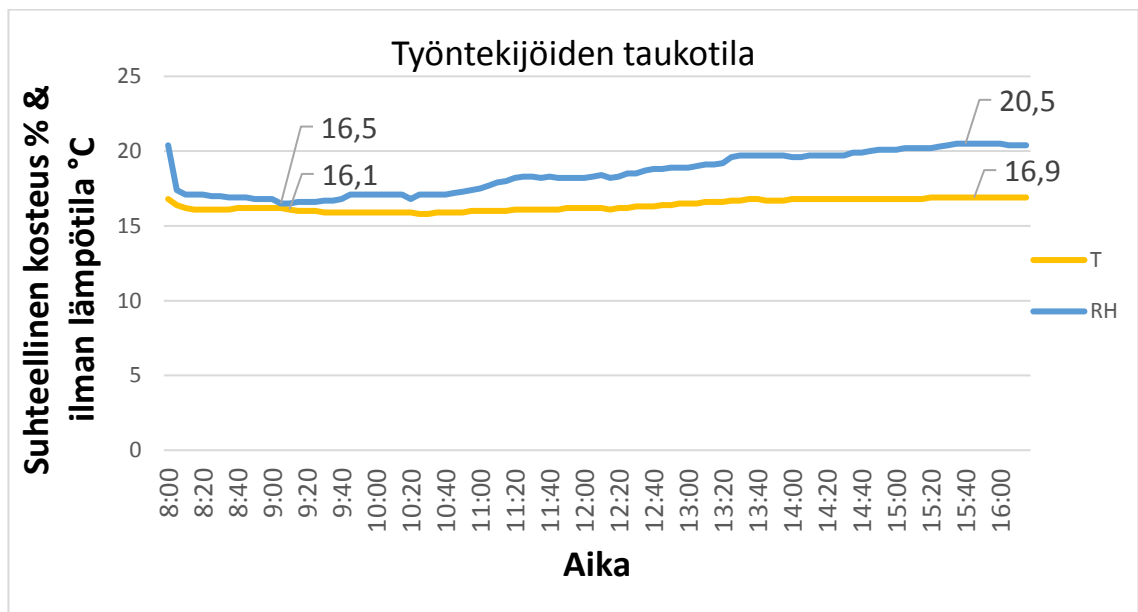
Mittaustuloksissa havaittiin suhteellisen kosteuden olevan melko alhainen verrattuna tavoitearvoihin. Alhaisen mittaustuloksen suurin aiheuttaja oli kohtalaisen kylmä ulkolämpötila. Suhteellinen kosteus oli käytännössä lähes kaikissa mitatuissa tiloissa 14–16 % lämpötilojen ollessa 20–23 °C. Muista tiloista poikkeavia kosteusprosentteja ilmeni SPR:n kirpputorin alakerrassa, työntekijöiden taukotilassa sekä Syöpäyhdistyksen kirpputorilla.

SPR:n kirpputorilla sekä taukokuoneessa havaittiin hieman muita tiloja korkeampia kosteusprosentteja. Kosteudet pysyivät kuitenkin näissäkin tiloissa alhaisina, mittaustulokseksi saatiin näistä tiloista 20–25 % lämpötilan ollessa tasaisesti koko päivän noin 21 °C (kuvio 4). Kun taas hieman muita tiloja alhaisempia ilmastokosteuksia ilmeni Syöpäyhdistyksen kirpputorilta, josta mitattiin ilman suhteelliseksi kosteudeksi 8–14 % lämpötilan ollessa 21–24 °C (kuvio 5). Alhaisimpien kosteuksien mittaushetkellä tilassa oli korkeampi lämpötila (31 °C), joka aiheuttaa matalamman suhteellisen kosteusprosentin.

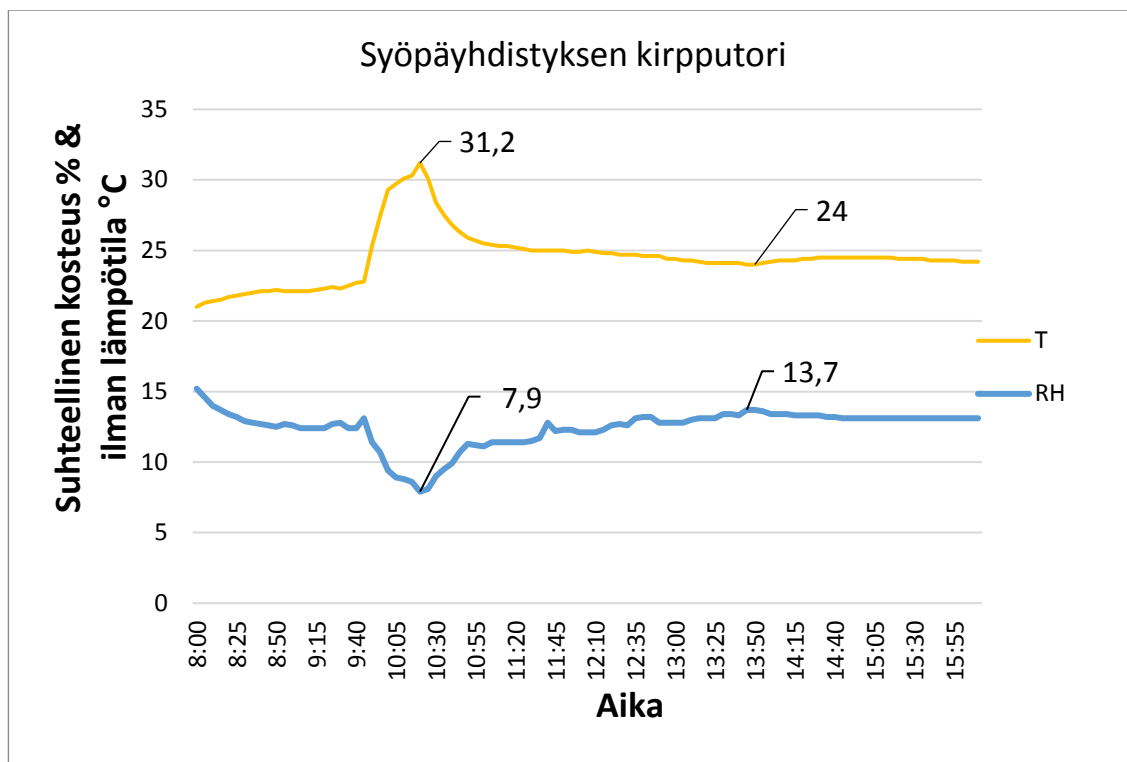
Käytännössä siis veden määrä ilmassa pysyy koko ajan melko tasaisena. Korkeita kosteusprosentteja ei mistään tiloista mittauksissa löytynyt. Mittaustuloksissa näkyy mittausjakson alussa korkeitakin ilman suhteellisia kosteuksia, jotka laskevat melko nopeasti. Mittausjakson alun korkeiden kosteusprosenttien voidaan siis sanoa johtuvan mittaaajista ja mittalaitteen käynnistämisestä. Tilojen käyttäjien läsnäololla ei ollut ilman suhteelliseen kosteuteen merkittävää vaikutusta.



Kuvio 4. SPR:n kirpputorin suhteellisen kosteuden muutokset.



Kuvio 5. Työntekijöiden taukotilan suhteellisen kosteuden muutokset.



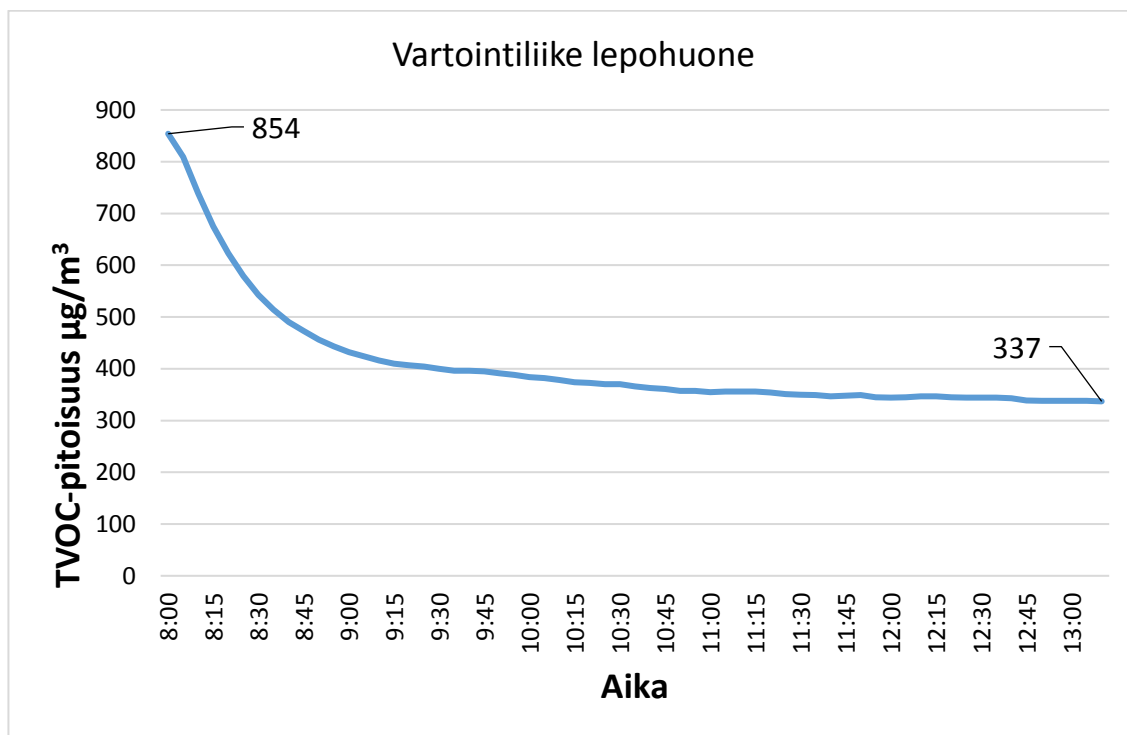
Kuvio 6. Syöpäyhdistyksen kirpputorin suhteellisen kosteuden muutokset.

5.4.3 TVOC

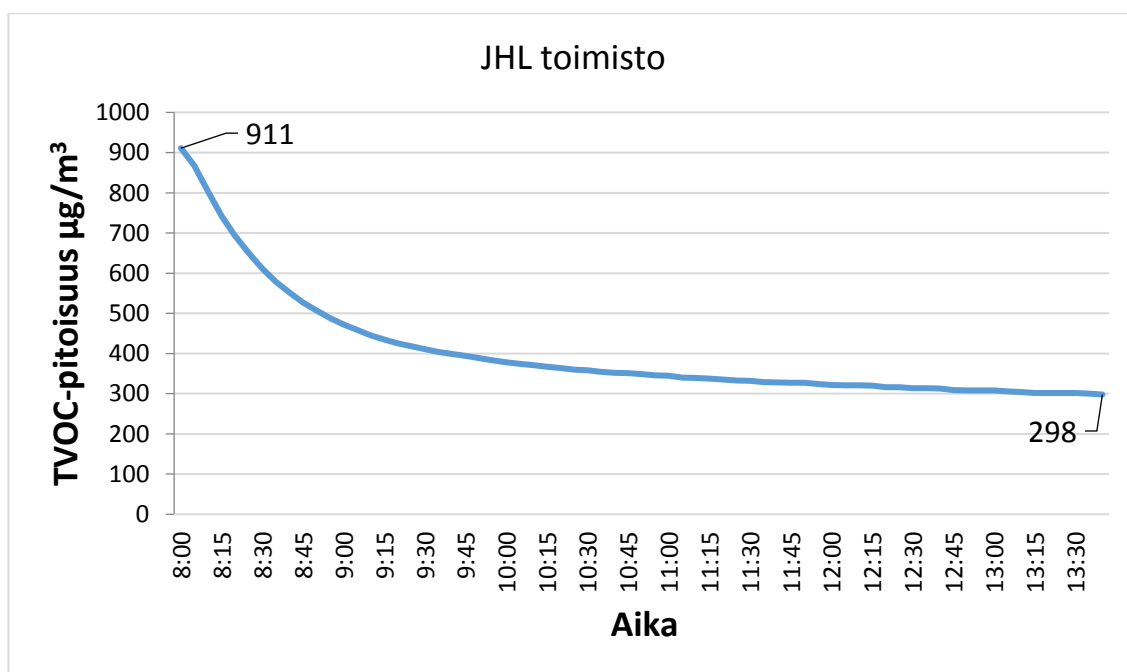
Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) mittaustuloksissa ei havaittu erityisen korkeita pitoisuuksia missään mitattavassa tilassa. Myöskään eri tilojen välillä ei havaittu suuria eroja. Sisäilman TVOC-arvot mittaussjakson aikana vaihtelivat pääsääntöisesti joka tilassa 300–600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sisäilmaluokituksen S1 raja-arvoon $<200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ei päästy missään mitattavassa tilassa, mutta luokituksen S3 arvo $<600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ saavutettiin pääsääntöisesti jokaisessa tilassa lukuun ottamatta hetkittäisiä korkeita arvoja. Mittaustuloksissa näkyy mittaussjakson alussa korkeita pitoisuuksia, jotka tasoittuvat ja laskevat tasaisesti päivän mittaan. Mittaussjakson alun korkeat arvot voidaan siis sanoa johtuvan mittajista ja mittalaitteen käynnistämisestä.

Alhaisimmat arvot mitattiin Vartiointiliikkeen (kuva 13) ja JHL:n toimiston (kuva 14.) tiloissa, ja korkeimmat arvot Syöpäyhdistyksen kirpputorin tilassa (kuva 15)

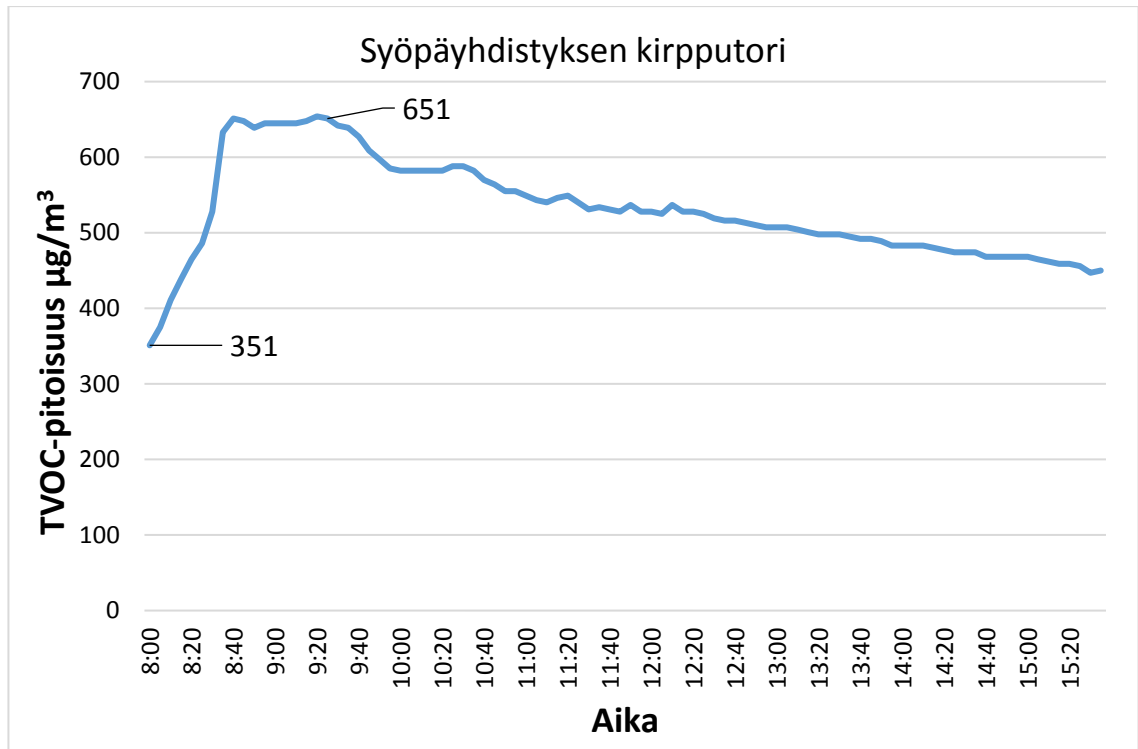
sekä SPR:n kirpputorin yläkerrassa (kuva 16). Korkein hetkittäinen TVOC-pitoisuus oli SPR:n kirpputorin alakerrasta tehdystä mittauksesta $4405 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



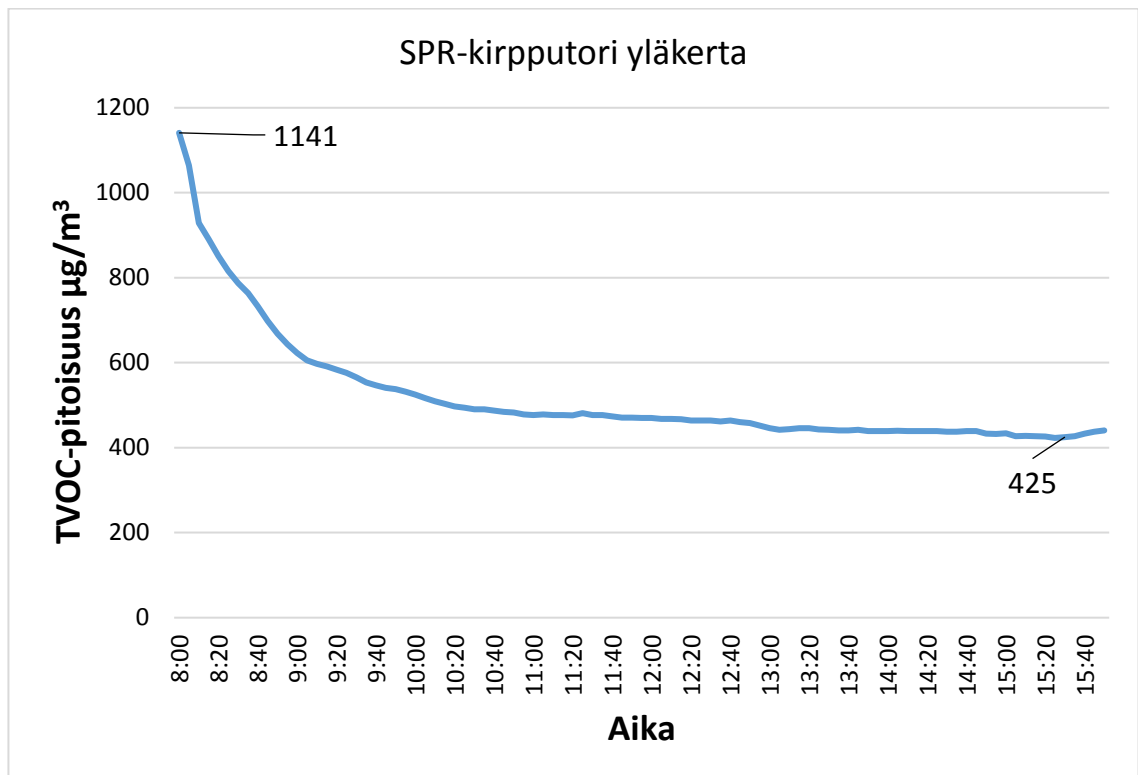
Kuvio 7. Vartointiliikkeen yksión TVOC-pitoisuuden muutokset.



Kuvio 8. JHL:n toimiston TVOC-pitoisuuden muutokset.



Kuvio 9. Syöpäyhdistyksen kirpputorin TVOC-pitoisuuden muutokset.

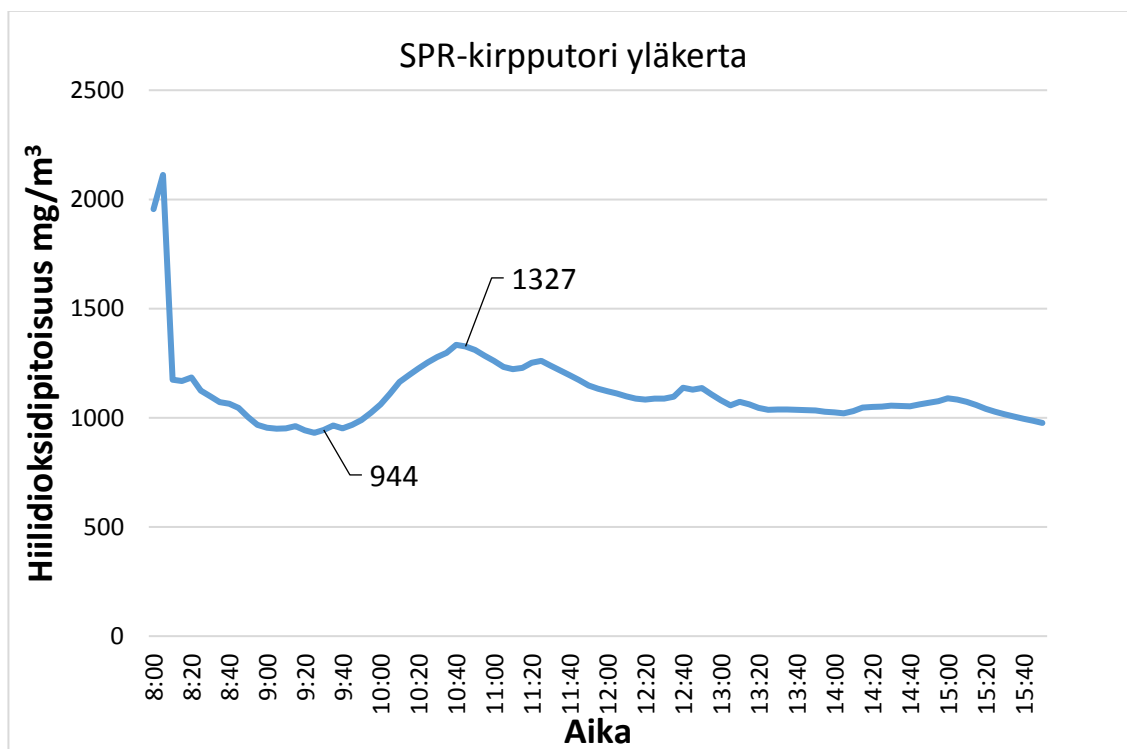


Kuvio 10. SPR:n kirpputorin yläkerran TVOC-pitoisuuden muutokset.

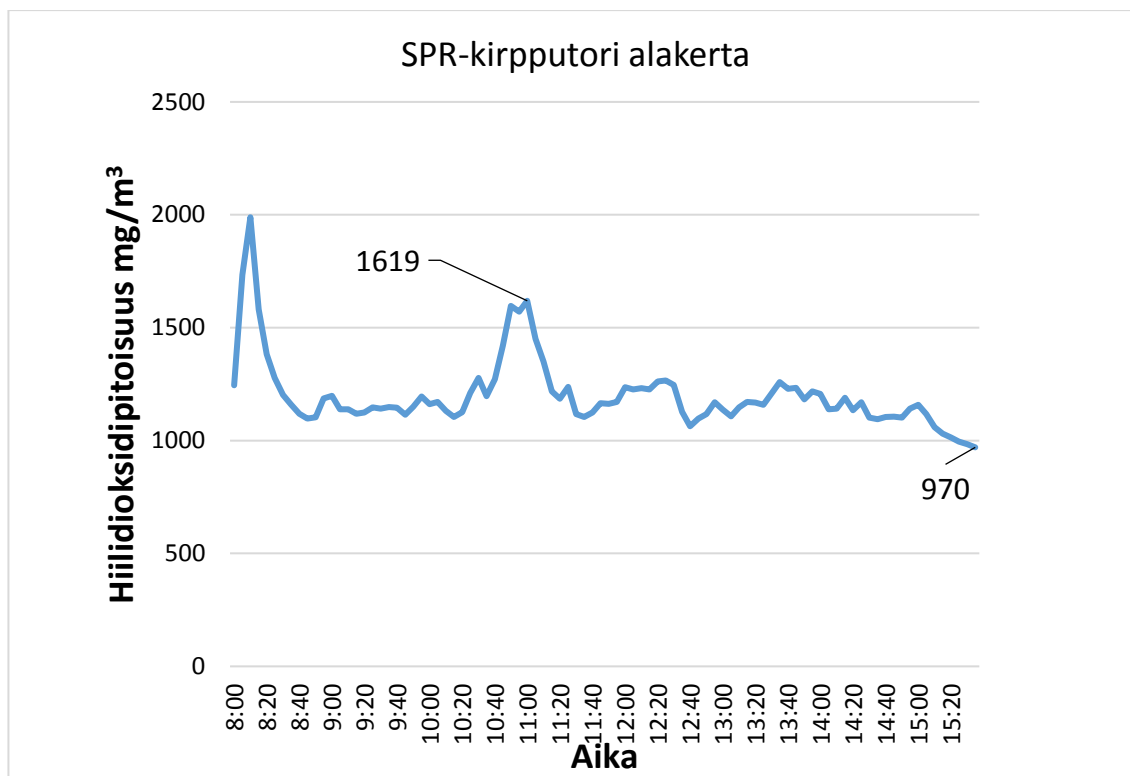
5.4.4 Hiilidioksidi

Hiilidioksidimittauksissa molemmilla mittalaitteilla saatiin yhteneväiset tulokset. Sisäilman hiilidioksidipitoisuudet pysyivät yleensä erittäin alhaisina kaikissa mitatuissa tiloissa. Korkeimmat hiilidioksidiarvot mitattiin SPR:n kirpputorin ylä- sekä alakerrassa, jotka olivat myös ainoat tilat, joissa pitoisuudet pysyivät koko päivän ajan yli 1000 mg/m^3 (kuvat 17 ja 18). Näissäkin tiloissa hiilidioksidipitoisuus pysyi lähes koko päivän alle sisäilmaluokituksen S1 arvon $<1350 \text{ mg/m}^3$. Alhaiset hiilidioksidipitoisuudet selittyvät tilojen vähäisellä käytöllä. Alhaisimmat pitoisuudet mitattiin JHL:n toimiston (kuva 19) sekä Syöpäyhdistyksen kirpputorin tiloista (kuva 20). JHL:n toimistossa hiilidioksidipitoisuuden keskiarvo päivän aikana oli 891 mg/m^3 ja Syöpäyhdistyksen kirpputorilla 909 mg/m^3 .

Mittausjakson alussa näkyvät korkeat arvot johtuvat mittaajista. Korkein yksittäinen mitattu hiilidioksidipitoisuus oli kuvassa 18 näkyvä 1619 mg/m^3 SPR:n kirpputorin alakerrasta. Näin ollen kaikissa mitatuissa tiloissa päästiin vähintään sisäilmaluokituksen luokkaan S2 hiilidioksidin osalta, jonka raja-arvo on 1920 mg/m^3 luokassa S2.



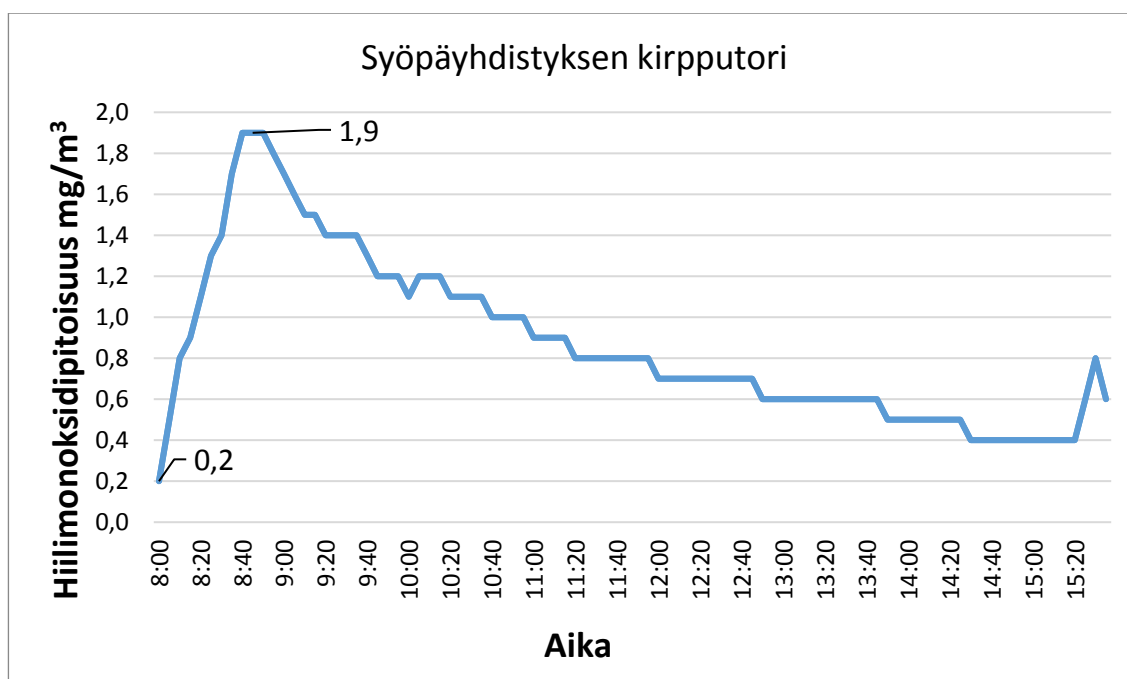
Kuvio 11. SPR:n kirpputorin yläkerran hiilidioksidipitoisuuden muutokset.



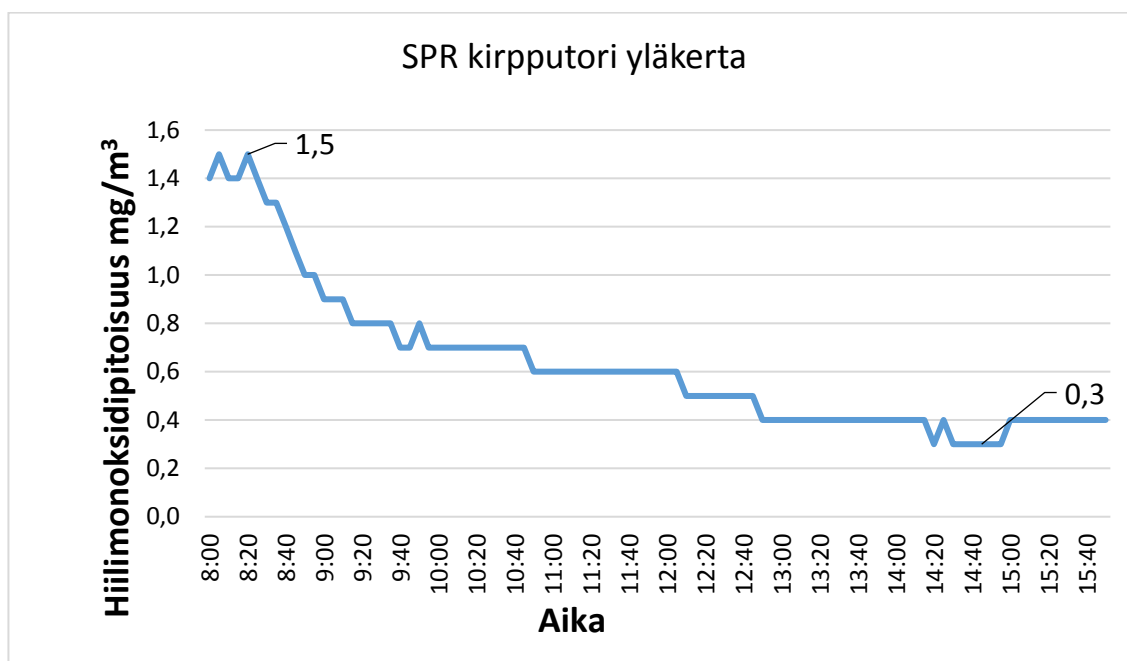
Kuvio 12. SPR:n kirpputorin alakerran hiilidioksidipitoisuuden muutokset.

5.4.5 Hiilimonoksidi

Hiilimonoksidipitoisuudet olivat kauttaaltaan koko rakennuksessa hyvin alhaiset. Missään mitatussa tilassa hiilimonoksidipitoisuus ei ylittänyt arvoa $2,0 \text{ mg/m}^3$, jota pidetään S1-sisäilmaluokituksen ylärajana. Pääsääntöisesti kaikissa häikäpitoisuudet pysyivät reilusti alle $1,0 \text{ mg/m}^3$. Ainoastaan SPR:n sekä Syöpäyhdistyksen kirpputoreilla (kuvio 13 ja 14) häikäpitoisuudet hetkellisesti nousivat hieman korkeammiksi, mutta pysyivät kuitenkin S1-sisäilmaluokituksessa. Tuloksista voidaan päätellä, etteivät ulkoiset lähteet kuten liikenteen päästöt pääse leviämään sisäilmaan. Sisäisiä hiilimonoksidin lähteitä kuten takkoja, kaasuliesiä tai tupakointia ei rakennuksessa ole lainkaan.



Kuvio 13. Syöpäyhdistyksen kirpputorin häkäpitoisuuksien muutokset.



Kuvio 14. SPR kirpputorin yläkerran häkäpitoisuuksien muutokset.

5.5 Lämpökuvaukset opinnäytetyön kohteesta

Lämpökuvaukset osoittautuivat kuntoarvion kannalta tarpeellisiksi, koska kohteessa arvioitiin aistinvaraisesti sekä tehdyn käyttäjäkyselyn perusteella olevan hyvin kylmiä seinä- ja lattiapintoja sekä mahdollisia vuotoja ikkunoissa ja ulkovai-passa. Lämpökuvaukset suoritettiin kohteessa maaliskuun alussa, jolloin ulkolämpötilat olivat mittauksien aikana noin -15 °C. Kuvaukset suoritettiin aamun ja aamupäivän aikana, jotta aurinko ei ehtisi vaikuttaa lämpökuvauksien tuloksiin.

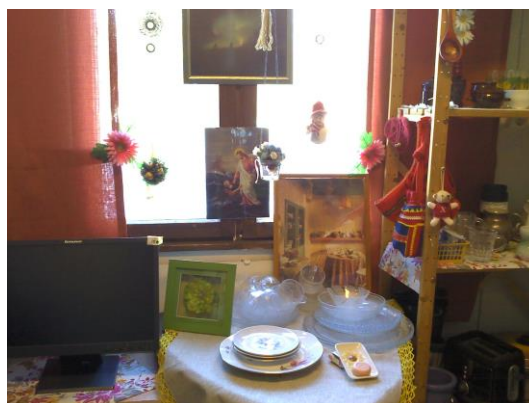
Kuvaaminen suoritettiin Flir T420bx lämpökameralla. Kuvaaminen aloitettiin alakerrasta kirpputorien tiloista, josta rakennusta lähdettiin kiertämään ulkovaippaa kuvaten tila kerrallaan vastapäivään kiertäen. Kuvia otettiin 78 kappaletta, joista kymmenen otettiin rakennuksen ulkoa.

Rakennuksen pahimmiksi lämmön- ja ilmanvuotokohdiksi paljastuivat seinien ja lattioiden rajat, ulkonurkat sekä ikkunoiden karmit. Lisäksi selkeitä puutteita oli havaittavissa paikoin myös rakennuksen ulkovaipan lämmöneristeissä.

Kuvissa näkyy vierekkäin kuvattavasta kohteesta otettu lämpökuva ja tavallinen valokuva, josta on paremmin havaittavissa kuvattu kohde. Lämpökuvassa näkyy oikeassa laidassa lämpötilaskaala, josta eri värien lämpötilat ovat havaittavissa. Keskellä lämpökuvaa näkyy laatikkomainen mittaustyökalu, josta selviää kyseisen alueen kylmin tai lämpimin piste riippuen siitä, kumpi asetukseen on määritetty.

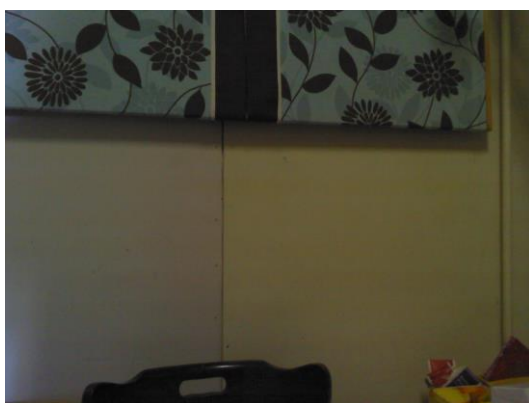
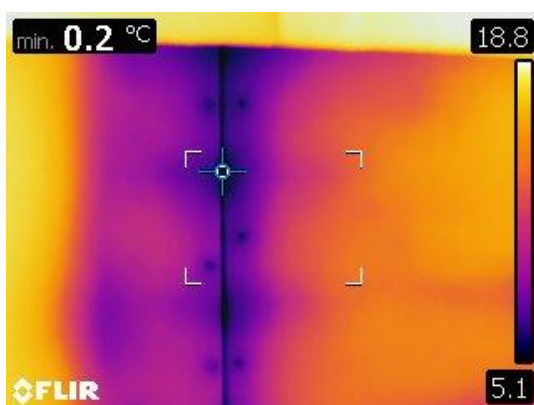
Sisäpintoja kuvatessa kamera määriteltiin etsimään kylmintä pistettä ja rakennuksen ulkoapäin kuvatessa lämpimintä pistettä. Alla on käsitelty osa suurimmista lämpökuvauksella havaituista ongelmakohdista. Alla olevissa kuvissa (kuvat 9–15). pistemäisille poikkeamille laskettu lämpötilaindeksi on alle 40 %, joka jää reilusti alle asumisterveysohjeen antaman 61 %:n vähimmäisohjearvon. Tuloksissa tulee ottaa huomioon kuvauskulma kuvattuun pintaan, joka voi vaikuttaa

pieneltä osin mitattuihin pintalämpötiloihin. Loput lämpökuvat rakennuksesta ti-
loittain on esitetty erillisessä kuntoarvioraportissa (Liite 1).



Kuva 9. Lämpökuva 1. Vuotava ikkuna.

Kuva 9 on Helluntaiseurakunnan kirpputorin tiloista. Ikkunoiden välissä mitattu
pintalämpötila oli -4,4 °C ja siitä laskettu lämpötilaindeksi 29 %.



Kuva 10. Lämpökuva 2. Lämpövuotoa kahvihuoneen seinässä.

Taukotilan seinästä mitatulla pintalämpötilalla laskettu lämpötilaindeksi on 41 %.



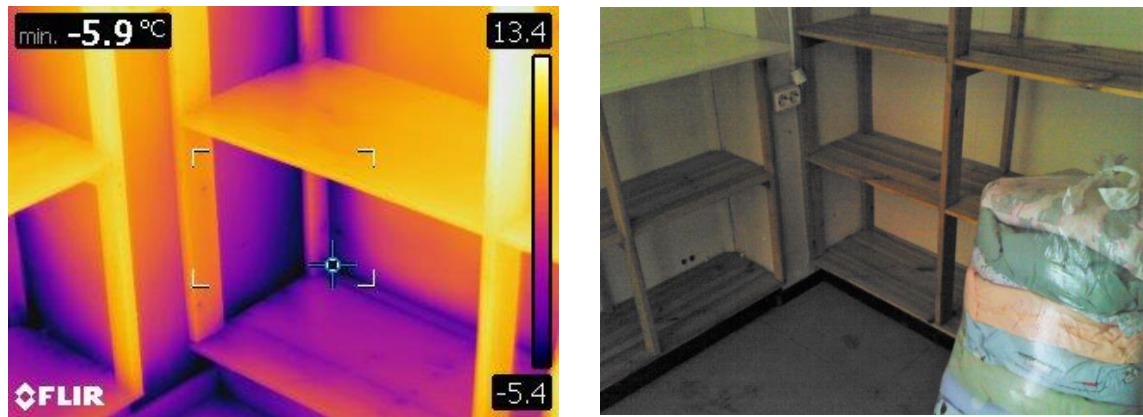
Kuva 11. Lämpökuva 3. Lattianrajassa suurta lämpövuotoa.

Lämpökuva 3 on kuvattu kahvihuoneen lattian ja ulkoseinän rajasta, jossa pinta-lämpötila jää vain hieman ulkolämpötilan yläpuolelle. Pisteestä laskettu lämpötilaindeksi on 16 %.



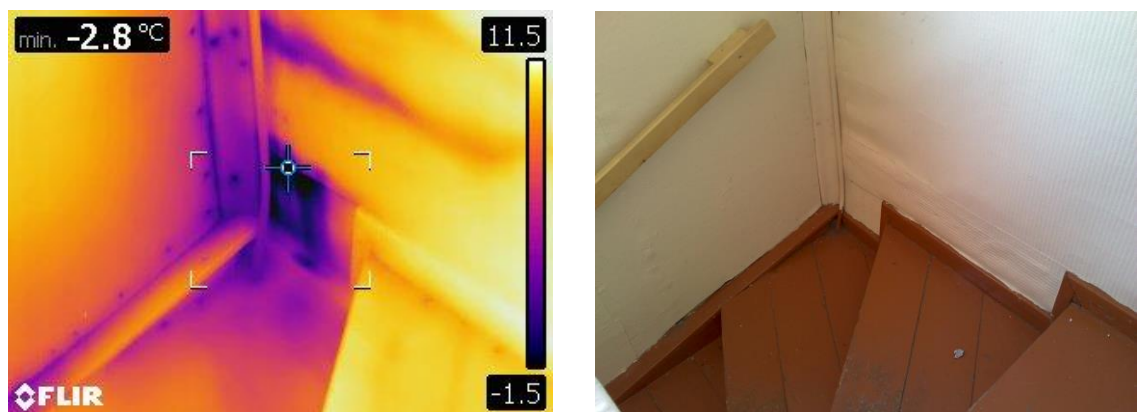
Kuva 12. Lämpökuva 4. Kellariin johtavan portaikon ulkonurkka.

Eteisen ulkonurkissa ja ikkunoiden ympärillä oli havaittavissa laajasti lämpövuotoa. Myös seinien eristeissä oli havaittavissa puutteita eteisen osalta. Lämpökuvassa 4 näkyvälle kylmälle pisteelle laskettu lämpötilaindeksi on 28 %.



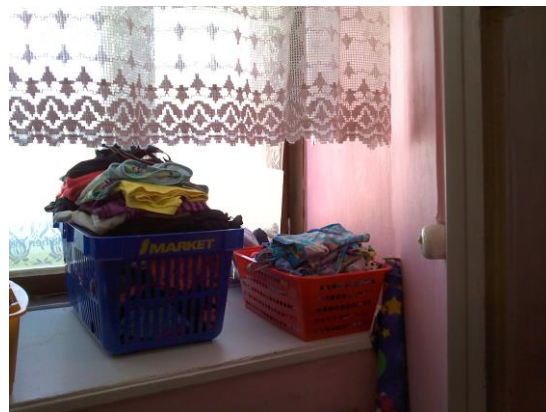
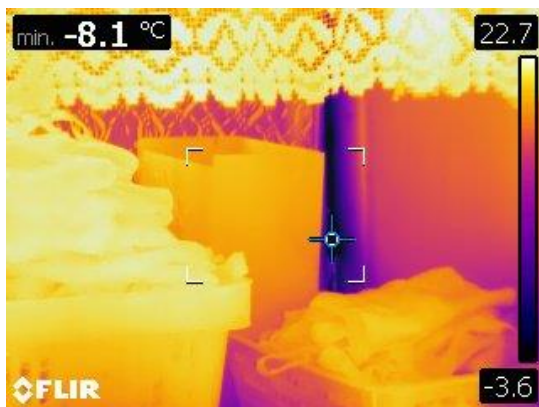
Kuva 13. Lämpökuva 5. Varastotilan ulkonurkka.

Lämpökuva 5 on rakennuksen käyttämättömänä olevasta tilasta, jossa lattian ja ulkoseinän raja oli kauttaaltaan mitattuna pakkasasteiden puolella. Samassa tilassa olevan ikkunan ympäristössä oli myös lämpökameralla mitattuna pakkasasteita vuotavan ikkunan ja ulkoseinän puutteellisen eristyksen takia. Lämpökuvan 5 pisteen laskettu lämpötilaindeksi on 25 %.



Kuva 14. Lämpökuva 6. Portaikon ulkonurkka.

Rakennuksen molemmissa päädyissä on portaikot ja molemmissa portaikoissa oli havaittavissa samankaltaisia ongelmakohtia ulkonurkissa. Lämpötilat portaikoissa olivat muutenkin oleskelutiloja huomattavasti alhaisemmat. Lämpötilaindeksi lämpökuvan 6 pisteelle on 34 %



Kuva 15. Lämpökuva 7. SPR-kirpputorin alakerran vuotava ikkuna

SPR:n kirpputorin ikkunoissa, kuten kauttaaltaan koko rakennuksen ikkunoissa, oli puutteita tiivisteiden ja karmien osalta. SPR:n kirpputorin yläkerran taukotilassa oli lämpökameralla havaittavissa ongelmakohtia myös lattian ja ulkoseinien rajoissa sekä ulkonurkissa. Lämpökuvassa 7 näkyvälle alakerran ikkunan karmille laskettu lämpötilaindeksi on 19 %.

Rakennuksen jokaisesta tilasta, lukuun ottamatta vartiointiliikkeen ja JHL:n toimiston tiloja, mitattiin lämpökameralla pintalämpötiloja, joista laskettu lämpötilaindeksi jää alle asumisterveysohjeen antamien vähimmäisohjearvojen. Osassa tiloista mitattiin todella alhaisia pintalämpötiloja, jotka aiheuttavat lämpöhäviöitä ja riskiä rakenteiden kosteusvaurioitumiselle.

5.6 Kuntoarvion yhteenveto ja toimenpide-ehdotukset

Suoritettujen käyttäjäkyselyn, aistinvaraisen arvion, sisäilmamittausten ja lämpökuvausten perusteella havaittiin suurimpien ongelmien aiheuttajien olevan vuodot rakenteissa ja ikkunoissa. Tässä opinnäytetyössä ja kuntoarviossa ei oteta suoraan kantaa rakenteisiin, joten niihin liittyviin ongelmiin ei esitetä toimen-

pide-ehdotuksia. Rakennustekniikan osalta suosittelemme lisätutkimuksia ja korjaustarpeiden arviointia julkisivuverhouksen, ulkovaipan eristeiden, ikkunoiden ja ovien osalta.

Merkittävämpänä lisätutkimuksia vaativana kohtana pidetään erityisesti lattia- ja seinärajojen liitoskohtia. Näissä kohdissa havaittiin merkittäviä ilmavuotoja, jotka ovat mahdollisia sisäilman epäpuhtaus- sekä lämpöhäviökohtia. Tulosten perusteella sisäilmastossa ei ilmennyt huomattavan suuria ongelmia lievää ilman tunkkaisuutta, pölyisyyttä ja lämpötilaeroja tilojen välillä lukuun ottamatta. Toimenpide-ehdotuksena näille ongelmille suositellaan painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän asianmukaisen toiminnan tarkastusta, sekä mahdollisesti tehostamalla poistoilmanvaihtoa koneellisesti esimerkiksi lämpöä talteen ottavilla huippuimureilla.

6 Pohdinta

6.1 Opinnäytetyön tuotoksen tarkastelu

Opinnäytetyön lopputulokseen voidaan olla kaikin puolin tyytyväisiä. Mitään suunniteltua osa-aluetta työssä ei jäänyt toteuttamatta. Suurin uhkatekijä työssä oli työn alkuvaiheessa epätietoisuus mittalaitteiden käytettävyydestä, joka kuitenkin päättyi niin, että saatiin usea eri mittalaitte käyttöön, jolloin pystyttiin suorittamaan tarvittavat mittaukset kahdella erilaisella mittalaitteella ja saatiin näin luotettavimmat mittaustulokset. Erityisen hyvää opinnäytetyötä tehdessä olikin juuri mittalaitteiden käytettävyys, joita ilman ei olisi saatu työtä tehtyä. Niistä kiitos kuuluu Karelia ammattikorkeakoululle sekä Tohmajärven kunnan tekniselle toimelle, josta saatiin lämpökamera käyttöömme. Myös yhteistyö koulun sekä kunnan kanssa sujui ongelmitta. Myös tekijöiden kesken onnistuttiin erityisen hyvin yh-

teistyössä ja tiedonvälityksessä, joka nopeutti opinnäytetyön valmistumista. Käyttäjäkysely työssämme olisi voitu suorittaa myös rakennuksen käyttäjien haastatteluina, joka olisi voinut antaa monipuolisempia vastauksia kyselyyn verrattuna.

6.2 Opinnäytetyön luotettavuus ja eettisyys

Ennen suoritettuja sisäilmamittauksia ja lämpökuvauksia tutustuttiin huolella käytettäviin mittalaitteisiin sekä mittauksia koskeviin ohjeisiin ja säädöksiin. Mittaukset ja kuvaukset suoritettiin ohjeiden mukaisesti ja kalibroiduilla mittalaitteilla. Näin ollen mittaustuloksia voidaan mielestämme pitää luotettavina. Lämpökuvauksissa olisi voitu olla huolellisempia valmistellen kuvausolosuhteet paremmin ja tarkastellen pinnan emissiivisyys arvoja tarkemmin. Sisäilmamittaukset suoritettiin kahdella erilaisella mittalaitteella jokaisesta mitatusta tilasta ja verrattiin tuloksia toisiinsa. Rakennuksen käyttöpaine on erittäin alhainen ja mittaustuloksia voidaankin pitää paikkaansa pitävinä vain rakennuksen nykyisessä käyttömuodossaan. Mittaukset suoritettiin tiloille tavanomaisissa olosuhteissa ja kaikissa mitatuissa tiloissa ei ollut lainkaan toimintaa mittauksen aikana, joka vaikuttaa sisäilmaston osalta moneen asiaan. Huolimatta olemattomasta kokemuksesta sisäilmamittauksista ja lämpökuvauksista onnistuttiin työssä odotettua paremmin ja mielestämme saatiin aikaan luotettavaa tietoa.

6.3 Opinnäytetyöprosessin tarkastelu

Opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Tohmajärven kunnan tekniselle toimelle. Opinnäytetyön aihetta päädyttiin kysymään joulukuussa 2017. Vastaukseksi saatiin useita eri vaihtoehtoja aiheen valitsemiseksi. Aihe päädyttiin valitsemaan ja rajaamaan lopullisesti opinnäytetyötä ohjaavan opettajan kanssa tammikuussa 2018, jolloin tehtiin myös opinnäytetyösuunnitelma.

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin tammikuun aikana tutustumalla opinnäytetyön kohteeseen ja tekemällä aistinvarainen arvio kuntoarvion kohteesta. Tämän jälkeen aloitettiin opiskelemaan kyseistä aihetta, kirjoittamaan tietoperustaa sekä jaettiin käyttäjäkyselyt tiloissa työskenteleville ihmisille. Käyttäjäkyselyjen analysointi tehtiin helmikuun loppupuolella. Aistinvaraisen arvion sekä käyttäjäkyselyn perusteella tehtiin tutkimussuunnitelma, jonka pohjalta toteutusvaihetta lähdettiin suorittamaan. Toteutusvaihe aloitettiin tekemällä lämpökuvaukset rakennuksen kaikista tiloista kahden päivän aikana 5.–6.3.2018. Alkuperäinen tarkoitus oli suorittaa sisäilmamittaukset ja lämpökuvaukset samanaikaisesti, mutta mittalaitteiden käyttöön saamisessa ilmenneiden ongelmien takia mittaukset päästiin aloittamaan vasta 20.3.2018.

Mitattavia tiloja oli yhteensä seitsemän ja yhden mittauksen kestoksi päädyttiin valitsemaan kahdeksan tuntia. Mittaukset kestivät siis kaikkiaan seitsemän päivää ja ne saatiin valmiiksi 29.3.2018. Mittaustuloksien analysointi ja raportointi tehtiin huhtikuun aikana. Huhtikuun loppu ja toukokuun alku käytettiin opinnäytetyön viimeistelyjen ja palautuksien tekemiseen. Opinnäytetyö valmistui toukokuussa 2018. Kuntoarvio- ja lämpökuvausraportti sekä opinnäytetyö palautettiin opinnäytetyön tilaajalle toukokuun aikana jatkokäyttöä varten.

6.4 Ammatillinen kasvu

Tämä opinnäytetyö tehtiin parityönä, joka kehitti muun muassa ryhmätyöskentelytaitoja sekä kykyä antaa ja ottaa vastaan palautetta niin positiivisissa kuin negatiivisissa asioissa. Tietoperustaa tehdessä jouduttiin opiskelemaan paljon kyseisestä aiheesta, sillä aihepiiri ei ollut kummallekaan entuudestaan tuttu. Sisäilmastoon liittyvää materiaalia oli saatavilla paljon, joka oli pääosin luotettavaa ja tutkimusperäistä tietoa, mutta kaikki saatavilla olevasta materiaalista ei ole enää paikkansa pitäviä ja tiedot ovat joiltakin osin vanhentuneita. Aiheeseen perehtyminen kehitti suhtautumaan kriittisesti luettuun tietoon ja opetti erottamaan hyvät ja luotettavat tietolähteet.

Opinnäytetyön toteutusvaihe tapahtui käytännössä neljässä eri vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa suoritettiin aistinvarainen arviointi sekä käyttäjäkyselyjen jakaminen tilojen käyttäjille. Toisessa vaiheessa tehtiin tutkimussuunnitelma analysoimalla aistinvaraisen arvioinnin ja käyttäjäkyselyn tuloksia. Kolmannessa vaiheessa kuntoarviota lähdettiin toteuttamaan tutkimussuunnitelman pohjalta. Kuntoarvioon kuului sisäilmamittauksien tekeminen sekä pintalämpötilojen ja lämpövuotojen selvittäminen lämpökameraa apuna käyttäen. Toteutuksen viimeisessä vaiheessa tapahtui tulosten analysoiminen sekä raportointi. Raportoitaessa sekä tuloksia analysoitaessa kehittyivät muun muassa kirjoitusohjelmistojen sekä asiatekstin tuottamisen taidot. Toteutusvaihe suoritettiin käytännössä ilman ulkopuolista apua, joka pakotti etsimään itsenäisesti tietoa kuinka kyseiset mittaukset ja kuvaukset tulisi suorittaa sekä miten toteutuksessa käytetyt mittaus- ja kuvausvälineet toimivat. Lyhyesti toteutusvaihe opetti työskentelemään itsenäisesti, kehitti luetun ymmärtämistä sekä edisti harkintakykyä ja taitoja yhteisten päätösten tekemisessä työparin kanssa.

6.5 Hyödynnettävyys ja jatkokehittämismahdollisuudet

Kuntoarvion kohteena ollut kunnallistalo on iäkäs puurakennus, joka on tullut rakennuksena siihen pisteeseen, että se vaatii jonkinlaisia toimenpiteitä jatkoa ajatellen. Kunnan maamerkiksikin kutsutun rakennuksen tulevaisuus on jakanut kunnassa paljon mielipiteitä, sillä siihen on kuntalaisilla paljon tunnesiteitä historian, korkean iän ja keskeisen sijainnin vuoksi. Opinnäytetyössä tehdyn kuntoarvion tavoitteena oli tutkia sisäilmaston oloja, sekä edesauttaa kunnan teknistä toimea selvittämään rakennuksen kuntoa jatkotoimenpiteitä ajatellen.

Rakennukselle ollaan tekemässä vuonna 2018 rakenteiden ja rakennuksen kuntokartoitusta sekä pitkän tähtäimen suunnitelmaa. Opinnäytetyössä tehdystä sisäilmaston kuntoarviosta on varmasti tässä vaiheessa paljon hyödynnettävää kunnalle ja kuntokartoituksen tekijälle.

Mikäli työtä halutaan jatkokehittää tulevaisuudessa olisi hyvä laajentaa tutkimuksia myös rakenteisiin, jonka lisäksi sisäilmamittauksia voitaisiin laajentaa muun muassa formaldehydin, radonin ja pienhiukkasten mittaamisella. Lisäksi olisi hyvä tarkastella esimerkiksi ilmanpaine-eroja eri kerroksien ja ulkoilman välillä.

Lähteet

- Karelia-ammattikorkeakoulun opinnäytetyöryhmä. 2016. Opinnäytetyön ohje. Karelia-ammattikorkeakoulu.
- Koskela, J. 2017. Kunnallistalo asbesti- ja haitta-ainekartoitus. Tohmajärvi: Tohmajärven kunta, 3.
- Paloniitty Oy. 2014. Lämpökuvaus Ohjeet ja määräykset. Paloniitty Oy.
<http://paloniitty.fi/fi-les/RLK%20L%C3%A4mp%C3%B6kuvaus%20OHJEET%20JA%20M%C3%84%C3%84R%C3%84YKSET%20LIITE.pdf>. 27.3.2018.
- Rakennustietosäätiö. 2009. LVI 05-10440 Sisäilmastoluokitus 2008, Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Helsinki: Rakennustieto Oy, 3–5.
- Rakennustietosäätiö. 2012. RT 18-11086 Liike- ja palvelukiinteistön kuntoarvio, Kuntoarvioijan ohje. Helsinki: Rakennustieto Oy, 1–6.
- Rakennustietosäätiö. 2013. RT 18-11131 Asuinkiinteistön kuntoarvio, Kuntoarvioijan ohje. Helsinki: Rakennustieto Oy, 1–11.
- Rakennustietosäätiö. 2016. RT 14-11239 Rakennuksen lämpökuvaus. Helsinki: Rakennustieto Oy, 1–6.
- Seppänen, O. & Seppänen, M. 1997. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Helsinki: Sisäilmayhdistys ry, 10–14, 35, 166–169.
- Seuri, M. & Palomäki, E. 2000. Haasteellinen sisäilma. Helsinki: Rakennustieto Oy, 15–20, 40–41, 83–84.
- Sisäilmayhdistys ry. 2018. Sisäilmastoluokitus. Sisäilmayhdistys ry.
<http://www.sisailmayhdistys.fi/Julkaisut/Sisailmastoluokitus>. 21.2.2018.
- Sosiaali- ja terveysministeriö. 2003. Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohje (STM:n oppaita 2003:1). Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö, 56.
- Sosiaali- ja terveysministeriö. 2009. Asumisterveysopas, 3. korjattu painos. Pori: Ympäristö ja terveyslehti, 24–29, 40–42, 46–51, 56–59, 128–136.
- Työterveyslaitos ja kirjoittajat. 2011. Toimiston sisäilmaston tutkiminen. Helsinki: Työterveyslaitos, 10–11, 73.
- Töyrylä, J. 1989. Tohmajärven kunnantalo kuntotutkimus. Tohmajärvi: Tohmajärven kunta, 2–5.
- Ympäristöministeriö. 2011. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, 25–26.
- Ympäristöministeriö. 2016. Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Helsinki: Ympäristöministeriö, 23–34.

Kuntoarvioraportti



Tohmajärven kunnallistalo
Talluksentie 1
82600 Tohmajärvi

Toukokuu 2018

Sisältö

1	Johdanto	3
2	Yhteenveto ja suositellut jatkotoimenpiteet	4
2.1	Rakennustekniikka.....	4
2.2	LVI-tekniikka	5
3	Kuntoarvion lähtötiedot	5
3.1	Pohjapiirrokset	6
3.2	Käyttäjäkyselyn keskeiset tulokset.....	7
4	Kuntoarvion tulokset	7
4.1	Sisäilmamittaukset.....	9
4.2	Lämpökuvaukset.....	16

1 Johdanto

Tällä kuntoarviolla on tavoitteena selvittää Tohmajärven kunnallistalon sisäilmaston laatua sekä rakenteiden lämpötekniillistä toimivuutta aistinvaraisesti sekä sisäilmaa mittaavia mittalaitteita ja lämpökameraa apuna käyttäen. Kohteenä Tohmajärven kunnallistalo on valmistunut alun perin vuonna 1919 ja nykyiseen muotoonsa ja sijaintiinsa 1930-luvun lopulla. Kuntoarviota käytetään rakennuksen kunnon ja tarvittavien korjaustoimenpiteiden määrittämiseksi. Arvio on laadittu RT-kortin *Liike- ja palvelukiinteistön kuntoarvio RT-18-11086* ohjeita mukaillen.

Kuntoarviossa on esitetty suoritettujen sisäilmamittausten tulokset sekä lämpökuvat. Arviota on tarvittaessa täydennettävä laajemmilla kuntotutkimuksilla.

Kuntoarvion tilasi Tohmajärven kunta/ Jorma Berg. Kuntoarvion suorittajina kokonaisuudessaan toimivat Pyry Korpelainen ja Juuso Hulkko. Kuntoarvion tarkastukset suoritettiin 20.2.2018, lämpökuvaukset 5.–6.3.2018 ja sisäilmamittaukset 20.–29.3.2018.

2 Yhteenveto ja suositellut jatkotoimenpiteet

Kuntoarvion kohteena oleva Kunnallistalo on Tohmajärven kunnan omistuksessa ja rakennuksessa on tällä hetkellä seitsemän eri vuokralaista. Vanhan ja suuren rakennuksen ylläpito vaatii kustannuksia ja ennakointia huoltotoimenpiteiden suhteen. Rakennuksen lämmönkulutus vuosina 2013–2017 on ollut keskimäärin 100 MWh vuodessa. Kunta tekee kunnallistalolla vuosittain tappiota vuokratulojen jälkeen noin 5000–10000 €.

2.1 Rakennustekniikka

Kunnallistalo koostuu kahdesta alkuperäisestä lattateräksin yhdistetystä hirsikehikosta sekä toiselle pitkälle sivustalle ja toiseen päätyyn rakennetuista puurankarakenteisista laajennuksista. Lisäksi rakennusta on korotettu kauttaaltaan toisella kerroksella. Toinen kerros on toteutettu myös puurankarakenteisena. Eristeenä laajennusosissa on 15 cm paksu sahanpuru. Sahanpurueriste on monin paikoin painunut kasaan rakenteen yläpäästä. Julkisivut ovat lautaverhoiltuja ja pääosin huonokuntoisia. Ikkunat ovat 2-lasisia ja ne on uusittu 1970-luvulla. Ikkunat ja ulko-ovet on pääosin käyttöikänsä päässä eivätkä niiden tiiveys vastaa nykypäivän tasoa. Ikkunoiden ja ovien uusimista tulee kuitenkin harkita rakennuksen tulevan käytön mukaan. Seinärakenteissa ja rakennuksen ulkovaipan lämpötekniillisessä toiminnassa havaittiin suuriakin puutteita. Ulkovaipan sisäpuoliset pintalämpötilat olivat monin paikoin pakkasen puolella vain muutaman asteen ulkolämpötilan yläpuolella.

Rakennustekniikan osalta suosittelemme lisätutkimuksia ja korjaustarpeiden arviointia julkisivuverhouksen, ikkunoiden ja ovien sekä ulkovaipan eristeiden osalta. Merkittävämpänä lisätutkimuksia vaativana kohtana pidetään erityisesti

lattia- ja seinärajojen liitoskohtia, joissa havaittiin merkittäviä ilmavuotoja, jotka ovat mahdollisia sisäilman epäpuhtaus- sekä lämpöhäviökohtia.

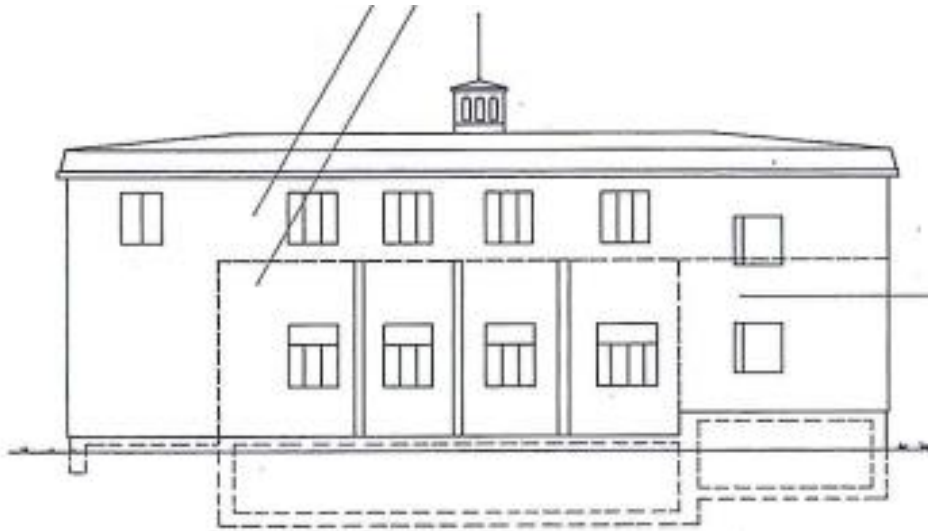
2.2 LVI-tekniikka

Rakennus on liitetty kaukolämpöön sekä kunnalliseen vesi- ja viemäriverkoston. Lämmitysjärjestelmänä toimii vesikiertoinen patteriverkosto. Lämmitysjärjestelmä aistinvaraisen arvioinnin ja lämpökuvausten perusteella toimii asianmukaisesti. Ilmanvaihtojärjestelmänä toimii painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä. Paikoittain korvausilmaventtiilit olivat suljettuina tai kokonaan rakennuslevyllä peitettynä. Toimenpide-ehdotuksena suositellaan painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän asianmukaisen toiminnan tarkastusta, sekä mahdollisesti tehostamalla poistoilmanvaihtoa koneellisesti esimerkiksi lämpöä talteen ottavilla huippuimureilla.

3 Kuntoarvion lähtötiedot

Kuntoarvion kohde on 1919 valmistunut suurikokoinen kaksikerroksinen puurakennus, jota on laajennettu ja remontoitu useassa eri rakennusvaiheessa vuosikymmenien saatossa. Alun perin rakennus toimi seuratalona Tohmajärven Kaukilassa, josta se siirrettiin nykyiselle paikalleen Tohmajärven keskustaan 1926. Tämän jälkeen rakennuksella on ollut useita eri käyttötarkoituksia muun muassa suojeluskuntatalona, kouluna ja kunnantalona. Nykyisin rakennus toimii liike-, toimisto- ja harrastetiloina. Rakennus on kunnalle kulttuurihistoriallisesti tärkeä ja kuntalaisilla sekä tilojen käyttäjillä on siihen paljon tunnesiteitä sen historian, korkean iän ja keskeisen sijainnin vuoksi. Lähtötietoina kuntoarviolle on 1989 tehty kuntotutkimus sekä 2017 tehty AHA-kartoitus. Raportissa käytetyt pohjapiirrokset ovat vuodelta 1989, jonka jälkeen tilat ovat joiltakin osin muuttuneet.

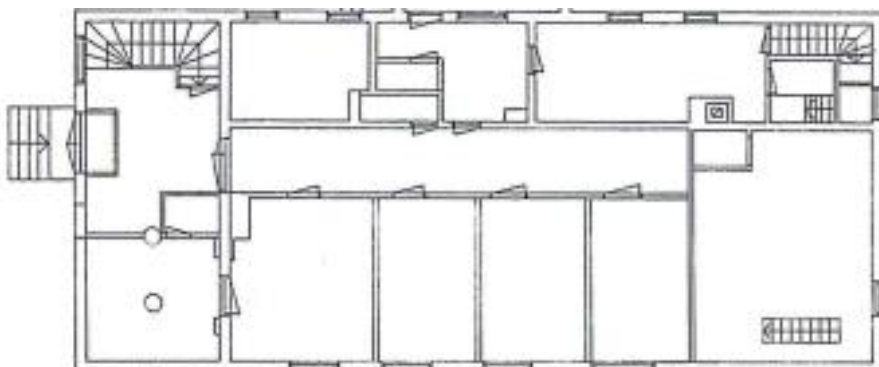
3.1 Pohjapiirrokset



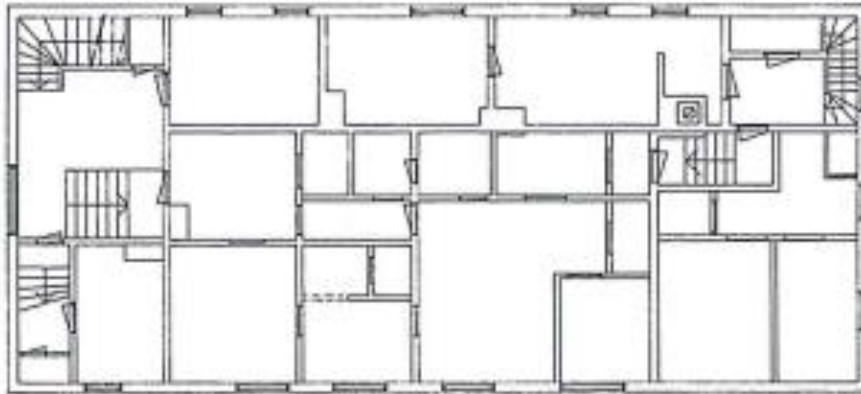
Kuva 1. Julkisivu.



Kuva 2. Kellari kerros.



Kuva 3. 1. kerros.



Kuva 4. 2. kerros.

3.2 Käyttäjäkyselyn keskeiset tulokset

Suoritetun sisäilmastoa koskevan käyttäjäkyselyn perusteella ongelmia koettiin vain syöpäyhdistyksen kirpputorin tiloissa sekä SPR:n kirpputorin tiloissa. Koetut ongelmat koskivat pääasiassa kuivaa sisäilmaa, sisäilman tunkkaisuutta ja pölyisyyttä sekä viemärin hajua. Lisäksi SPR:n kirpputorin tiloissa oli koettu lattiapintojen kylmyyttä. Kahta tilaa lukuun ottamatta vastausten määrän ja luonteen perusteella emme voineet tehdä suuria johtopäätöksiä rakennuksen ja sisäilmaston kunnosta.

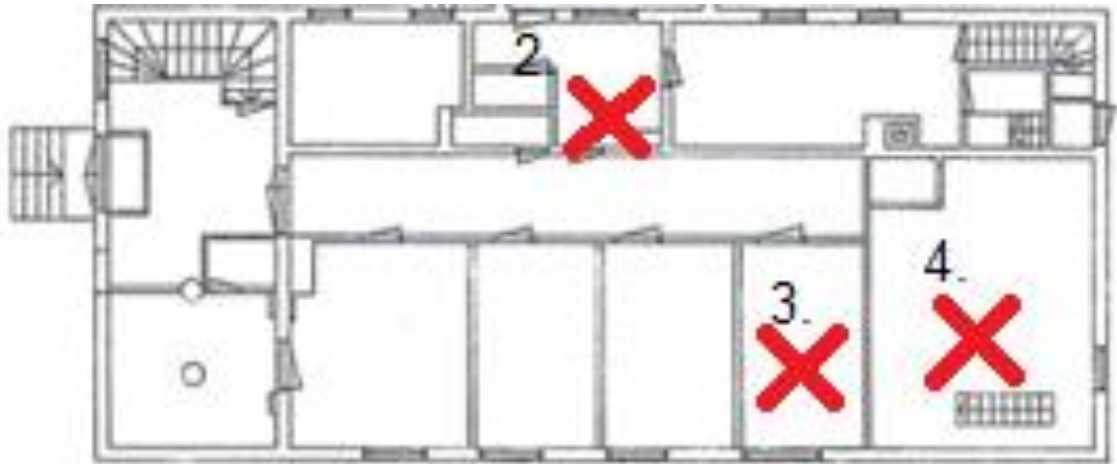
4 Kuntoarvion tulokset

Luotettavan sisäilmaston kuntoarvion tekemiseksi oli tarpeellista suorittaa erilaisia mittauksia sisäilmastosta. Mittauksien tekemisessä käytettiin pääasiassa

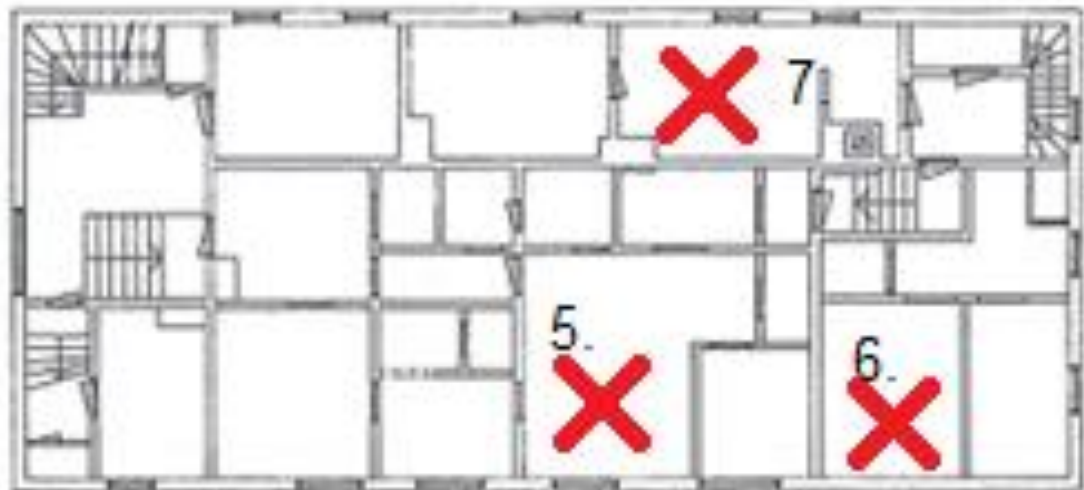
GrayWolf AdvancedSence BE TVOC-mittaria, jonka lisäksi suoritettiin vertailumittauksia Trotec BZ30 mittari/loggerilla mittaustulosten laadun varmistamiseksi. Näillä mittalaitteilla sisäilmasta saatiin mitattua ilman lämpötilat, suhteellinen kosteus, haihtuvat orgaaniset yhdisteet, hiilidioksidi ja hiilimonoksidi. Mittaukset suoritettiin oleskeluvyöhykkeeltä mahdollisimman keskeltä huonetta noin 1,1 m korkeudelta. Mitattavat tilat valikoituivat käyttäjäkyselyiden sekä aistinvaraisesti tehtyjen havaintojen perusteella, jonka lisäksi mittauspisteitä valittiin myös Sosi-aali- ja terveysministeriön julkaiseman Asumisterveysoppaan ohjeiden avulla. Myöskään rakennuksen kaikki tilat eivät ole päivittäisessä käytössä, joka vaikutti myös osaltaan mitattavien tilojen valintaan. Mittauspisteitä valikoitui kohteessa viisi, jonka lisäksi kaksi vertailumittausta. Mittauspisteet on merkitty alla oleviin pohjakuviin rastein ja numeroin. Sisäilmastomittauksien kestojen pituudeksi kohteessa päädyttiin valitsemaan kahdeksan tuntia (8–16), jonka aikana rakennus on normaalin mukaisessa käytössä kuusi tuntia (9–15), sekä kaksi tuntia tyhjillään. Tällä tavoin havaittiin tilojen käyttäjien vaikutukset sisäilmastossa. Mittausten väliksi asetettiin mittalaitteissa viisi minuuttia. Ulkoilman lämpötilat olivat koko mittauksien ajan lähes identtisiä. Aamuisin lämpötila oli noin -15 °C ja päivän aikana lämpötilat nousivat lähelle nollaa astetta. Mittaustuloksia on kuvattu alla olevissa diagrammeissa (kuviot 1–13).



Kuva 5. Mittauspiste 1, SPR:n kirpputorin alakerta.



Kuva 6. Mittauspiste 2, työntekijöiden taukotila. Mittauspiste 3, Syöpäyhdistyksen kirpputori. Mittauspiste 4, SPR:n kirpputorin yläkerta.



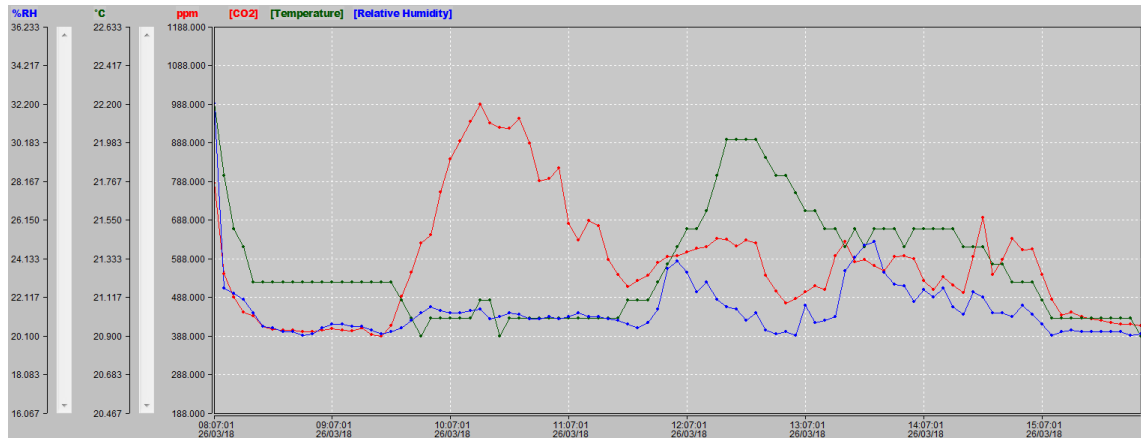
Kuva 7. Mittauspiste 5, Turvamestarit kuntosali. Mittauspiste 6, Turvamestarit lepohuone. Mittauspiste 7, JHL toimisto.

4.1 Sisäilmamittaukset

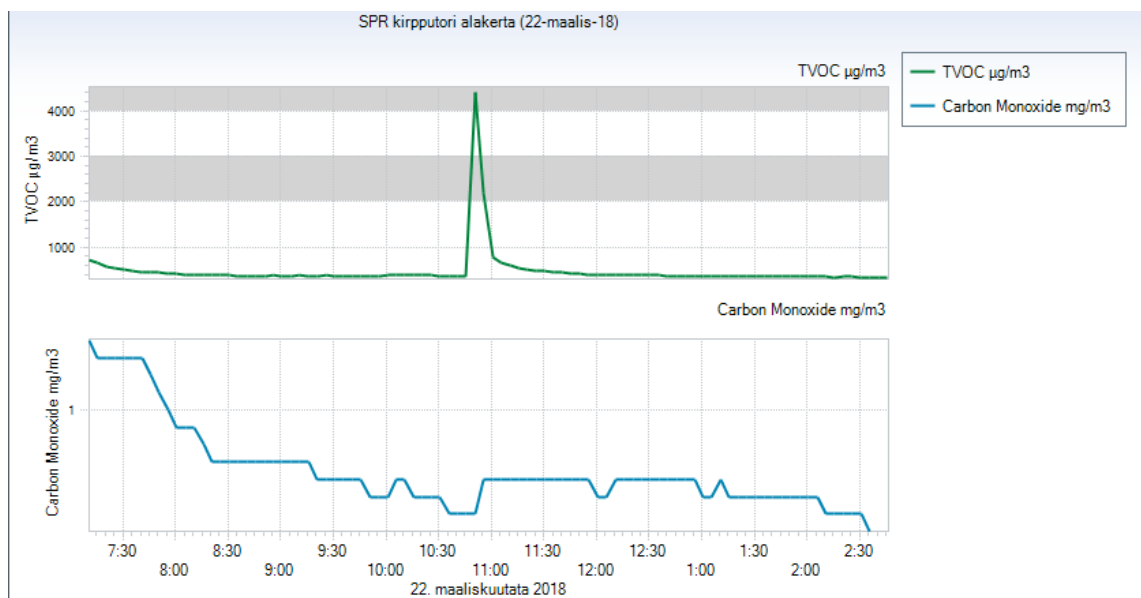
Mittauspiste 1. SPR:n kirpputorin alakerta

SPR:n kirpputorin alakerrasta ei sisäilmamittauksissa ilmennyt ongelmia. Kaikki mitattavat pitoisuudet sekä lämpötila ja suhteellinen kosteus pysyvät raja-arvojen

sisällä koko mittauksen ajan (kuviot 1 ja 2). Hetkellisesti hieman kohonneet arvot johtuvat luultavasti ihmisten toiminnasta mittarin lähellä.



Kuvio 1. Mittauspiste 1. SPR alakerta. Diagrammi sisäilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden, sekä hiilidioksidin muutoksista.

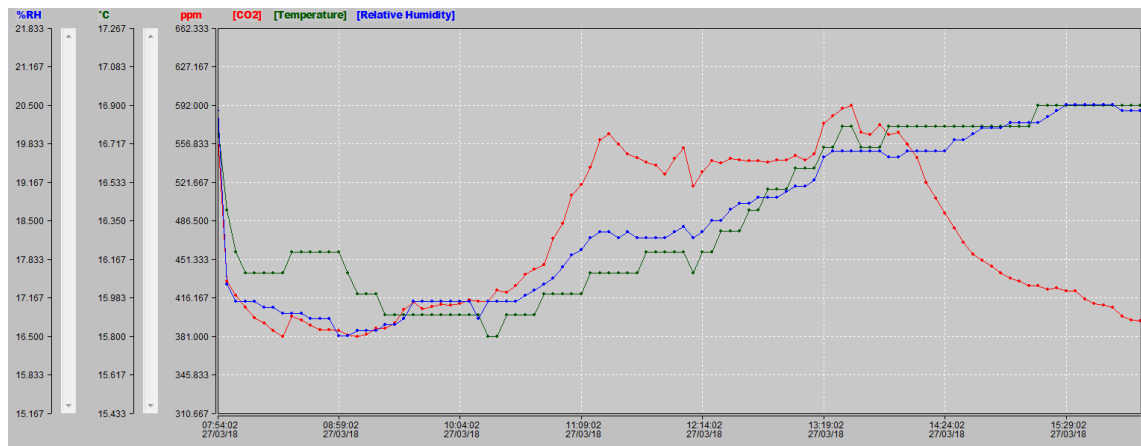


Kuvio 2. Mittauspiste 1. SPR alakerta. Diagrammi sisäilman TVOC sekä hiilimonoksidipitoisuuksista.

Mittauspiste 2. Työntekijöiden taukotila

Työntekijöiden taukotilasta ilmeni sisäilmamittauksissa hyvin alhaisia ilman lämpötiloja. Lämpötilat olivat koko mittauksen ajan 15–17 °C. Kaikki muut mitatut

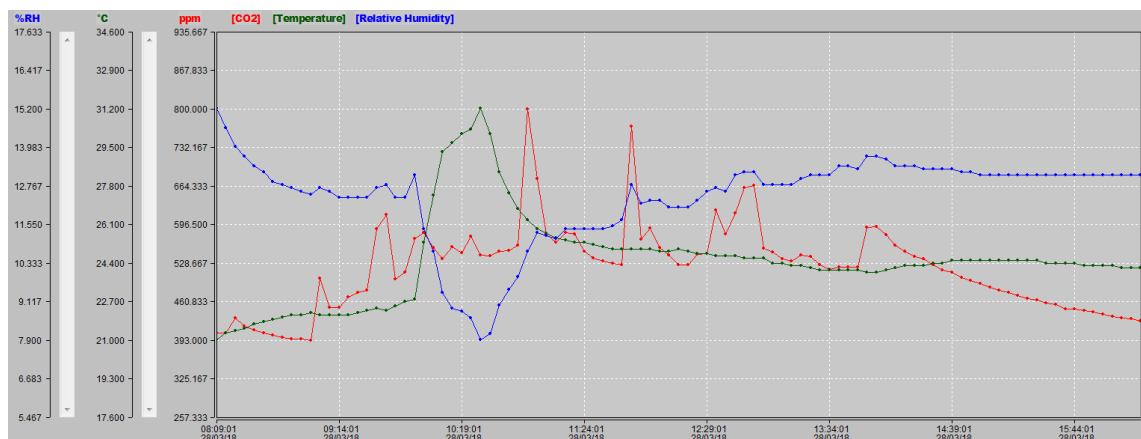
pitoisuudet sekä suhteellinen kosteus pysyivät raja-arvojen sisällä (kuvio 3). TVOC- ja häkäpitoisuutta ei tästä tilasta mitattu.



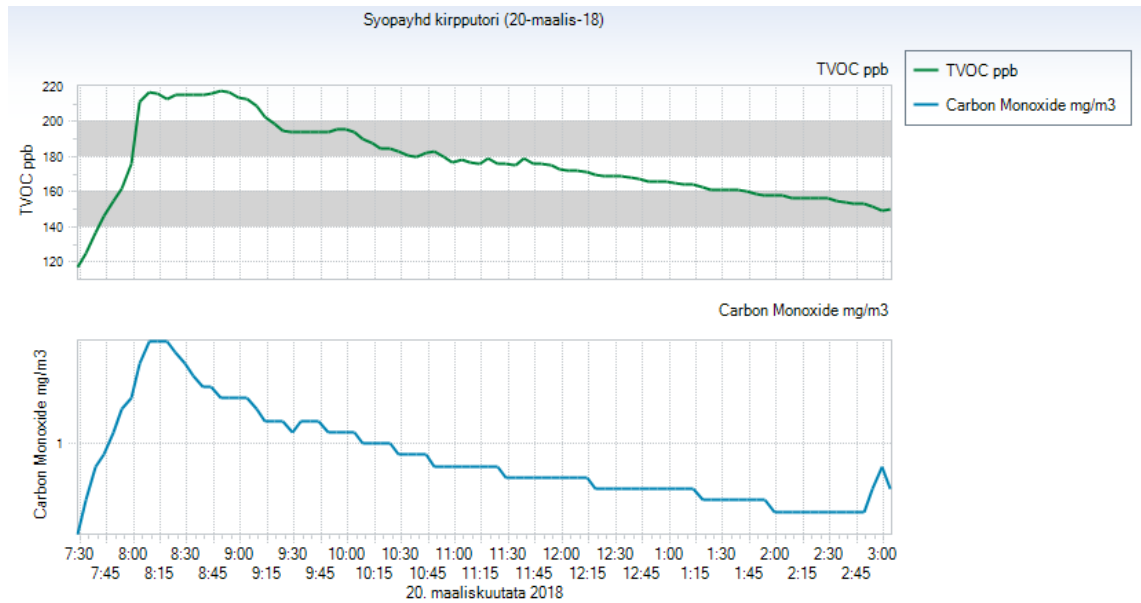
Kuvio 3. Mittauspiste 2. Työntekijöiden taukotila. Diagrammi sisäilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden, sekä hiilidioksidin muutoksista.

Mittauspiste 3. Syöpäyhdistyksen kirpputori

Syöpäyhdistyksen kirpputorin tilojen sisäilmamittauksista ilmeni korkeita lämpötiloja. Lämpötilat olivat mittauksien ajan 24–31 °C. Hetkellinen todella korkea lämpöpiikki johtuu suorasta auringonpaisteesta mittalaitteisiin. Kaikki muut mitatut pitoisuudet sekä suhteellinen kosteus pysyivät raja-arvojen sisällä (kuviot 4 ja 5).



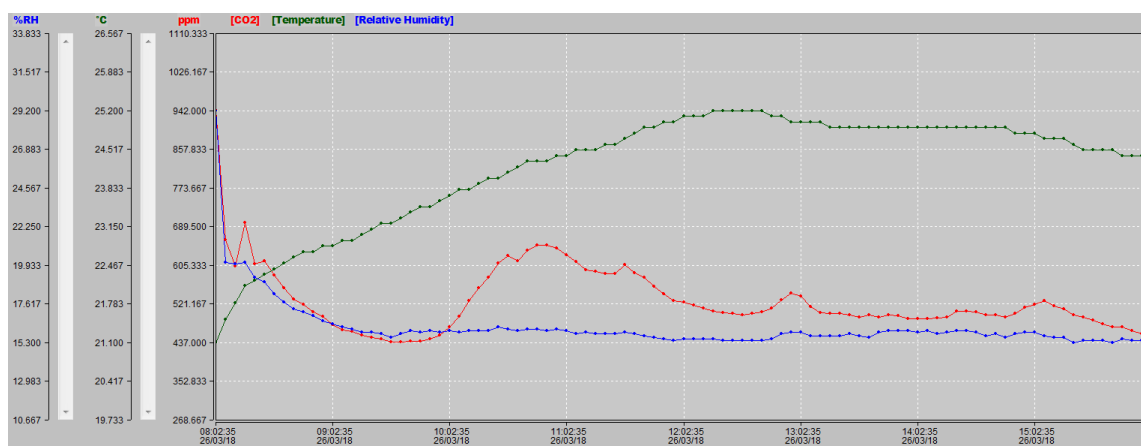
Kuvio 4. Mittauspiste 3. Syöpäyhdistyksen kirpputori. Diagrammi sisäilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden, sekä hiilidioksidin muutoksista.



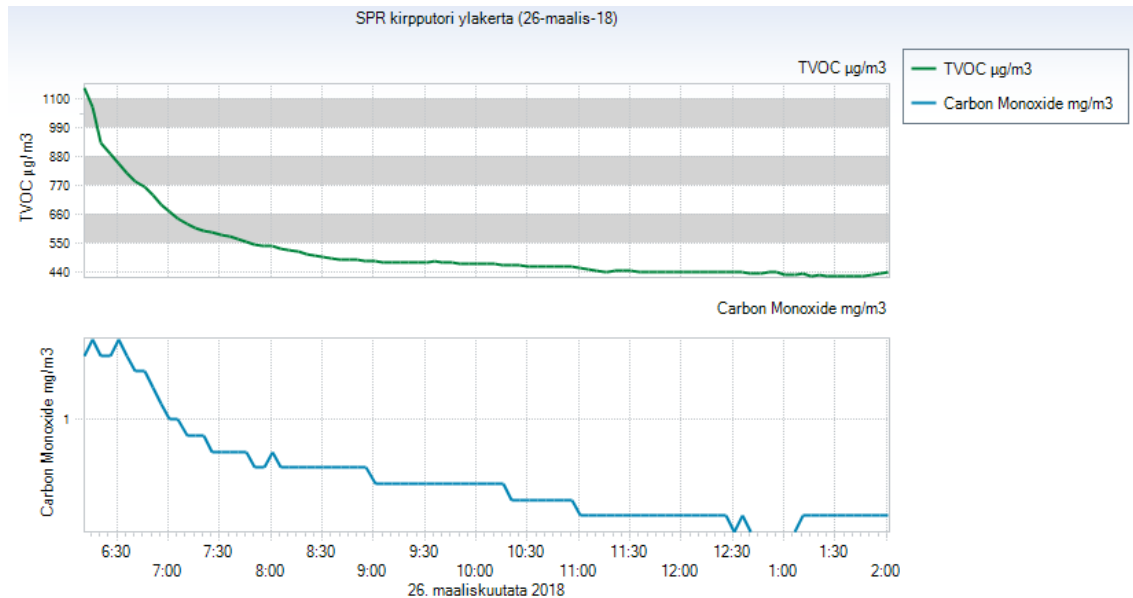
Kuvio 5. Mittauspiste 3. Syöpäyhdistyksen kirppari. Diagrammi sisäilman TVOC sekä hiilimonoksidipitoisuuksista.

Mittauspiste 4. SPR:n kirpputorin yläkerta

SPR:n kirpputorin yläkerran sisäilmamittauksista ilmeni melko korkeita lämpötiloja. Lämpötilat olivat mittauksien ajan 22–25 °C. Kaikki muut mitatut pitoisuudet sekä suhteellinen kosteus pysyivät raja-arvojen sisällä (kuviot 6 ja 7).



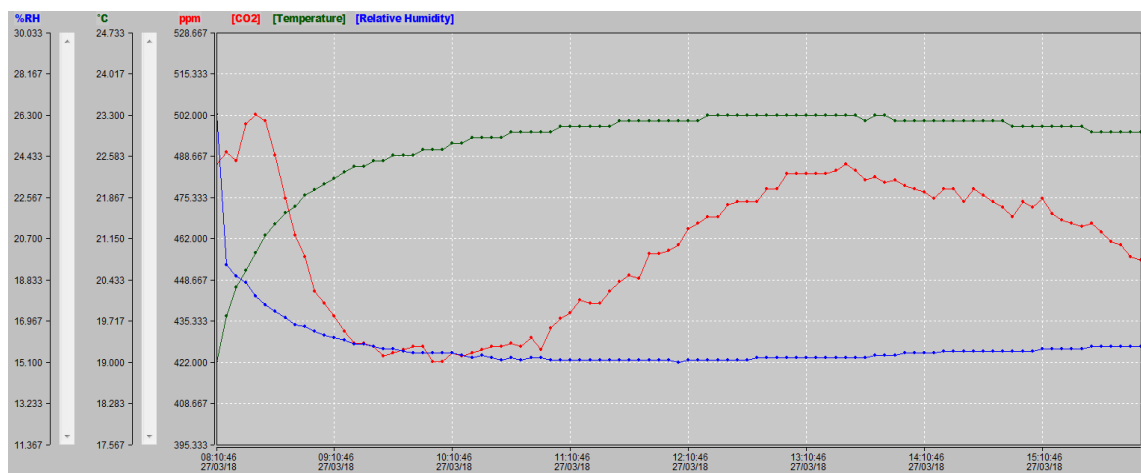
Kuvio 6. Mittauspiste 4. SPR yläkerta. Diagrammi sisäilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden, sekä hiilidioksidin muutoksista.



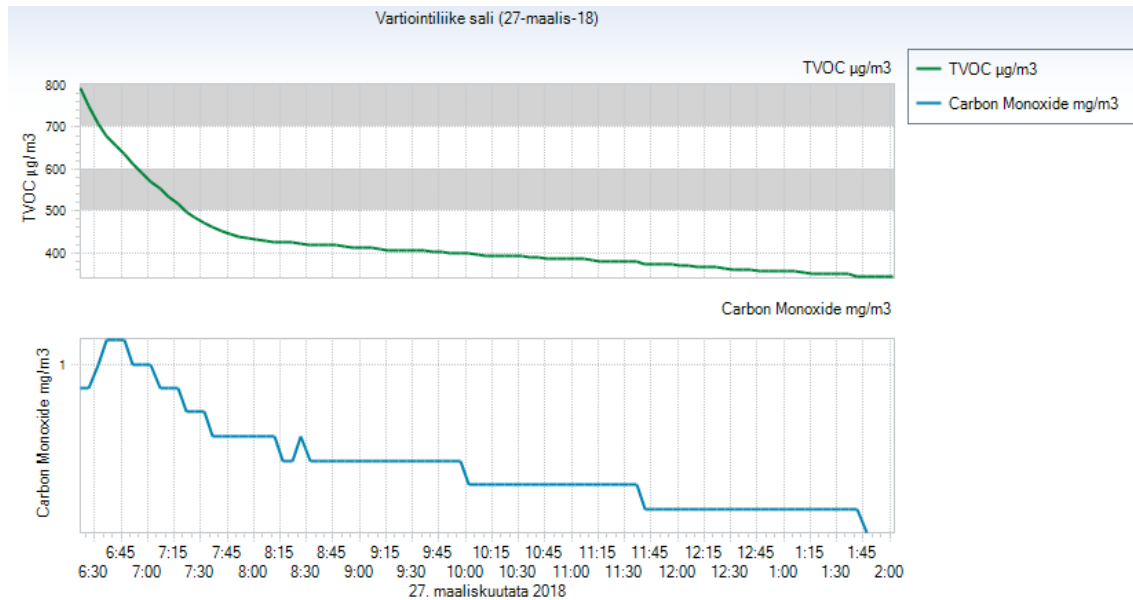
Kuvio 7. Mittauspiste 4. SPR yläkerta. Diagrammi sisäilman TVOC sekä hiilimonoksidipitoisuuksista.

Mittauspiste 5. Turvamestarit kuntosali

Turvamestarien kuntosalilta ei sisäilmamittauksissa ilmennyt ongelmia. Ainoastaan lämpötila on hieman ohjearvoja korkeampi. Kaikki muut mitattavat pitoisuudet sekä suhteellinen kosteus pysyivät raja-arvojen sisällä koko mittauksen ajan (kuviot 8 ja 9).



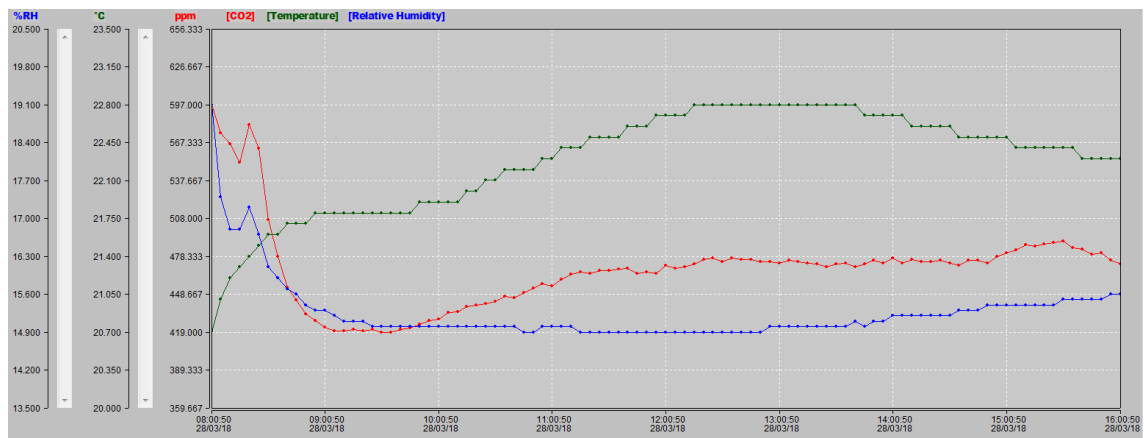
Kuvio 8. Mittauspiste 5. Turvamestarit kuntosali. Diagrammi sisäilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden, sekä hiilidioksidin muutoksista.



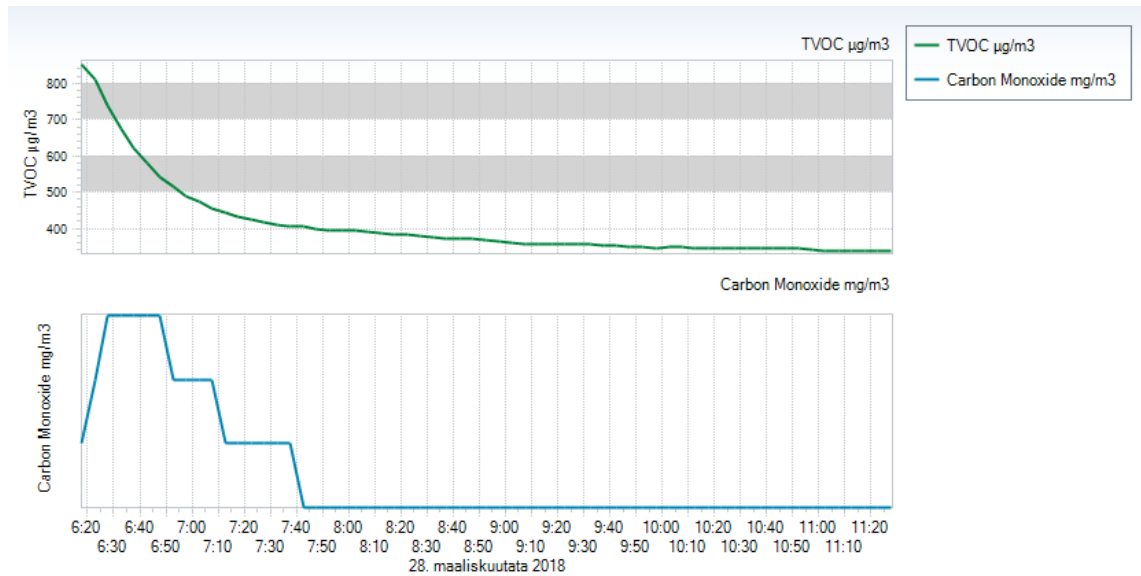
Kuvio 9. Mittauspiste 5. Turvamestarit kuntosali. Diagrammi sisäilman TVOC sekä hiilimonoksidipitoisuuksista.

Mittauspiste 6. Turvamestarit lepohuone

Turvamestarien lepohuoneesta ei sisäilmamittauksissa ilmennyt ongelmia. Ainoastaan lämpötila on hetkellisesti hieman ohjearvoja korkeampi. Kaikki muut mitattavat pitoisuudet sekä suhteellinen kosteus pysyivät raja-arvojen sisällä koko mittauksen ajan (kuviot 10 ja 11).



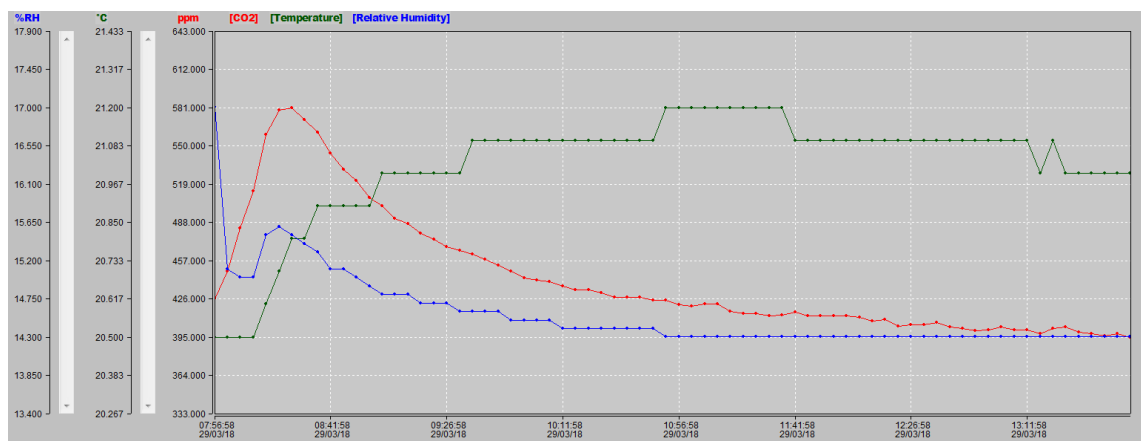
Kuvio 10. Mittauspiste 6. Turvamestarit lepohuone. Diagrammi sisäilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden, sekä hiilidioksidin muutoksista.



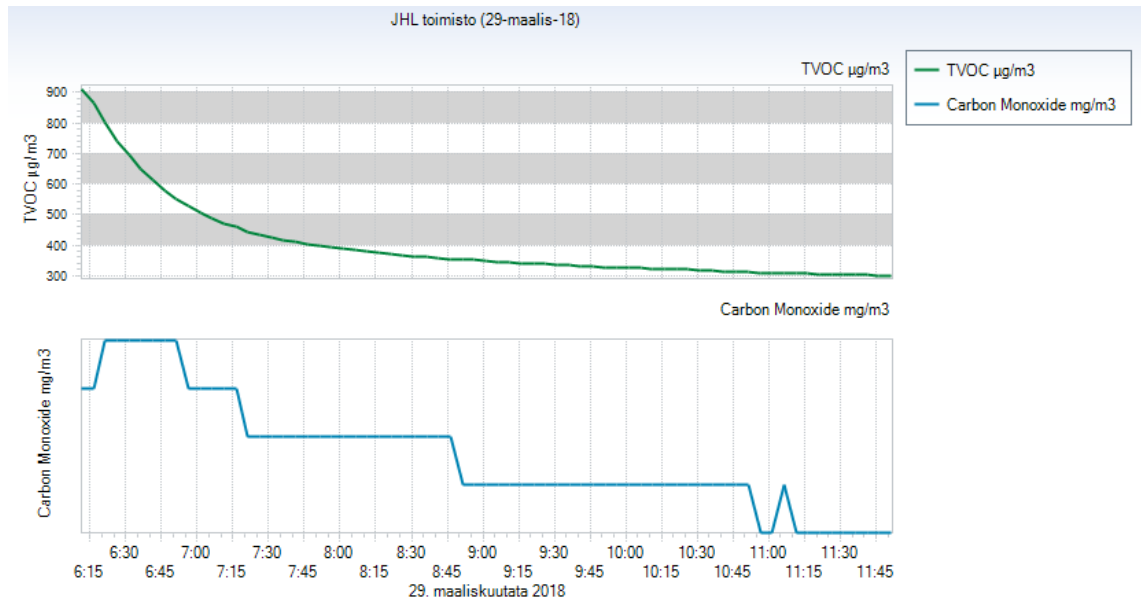
Kuvio 11. Mittauspiste 6. Turvamestarit lepo huone. Diagrammi sisäilman TVOC sekä hiilimonoksidipitoisuuksista.

Mittauspiste 7. JHL toimisto

JHL:n toimistosta ei sisäilmamittauksissa ilmennyt ongelmia. Kaikki mitattavat pitoisuudet sekä lämpötila ja suhteellinen kosteus pysyivät raja-arvojen sisällä koko mittauksen ajan (kuviot 12 ja 13).



Kuvio 12. Mittauspiste 7. JHL toimisto. Diagrammi sisäilman lämpötilan, suhteellisen kosteuden, sekä hiilidioksidin muutoksista.



Kuvio 13. Mittauspiste 7. JHL toimisto. Diagrammi sisäilman TVOC sekä hiilimonoksidipitoisuuksista.

4.2 Lämpökuvaukset

Lämpökuvaukset osoittautuivat kuntoarvion kannalta tarpeellisiksi, koska kohteessa arvioitiin aistinvaraisesti sekä tehdyn käyttäjäkyselyn perusteella olevan hyvin kylmiä seinä- ja lattiapintoja sekä mahdollisia vuotoja ikkunoissa ja ulkovaipassa. Lämpökuvaukset suoritettiin kohteessa maaliskuun alussa, jolloin ulkolämpötilat olivat mittauksien aikana noin $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kuvaukset suoritettiin aamun ja aamupäivän aikana, jotta aurinko ei ehtisi vaikuttaa lämpökuvauksien tuloksiin.

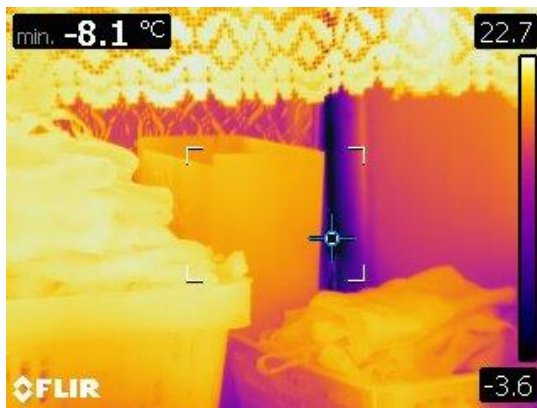
Kuvaaminen suoritettiin Flir T420bx lämpökameralla. Kuvaaminen aloitettiin alakerrasta kirpputorien tiloista, josta rakennusta lähdettiin kiertämään ulkovaippaa kuvaten tila kerrallaan vastapäivään kiertäen. Kuvia otettiin 78 kappaletta joista 10 otettiin rakennuksen ulkoa.

Rakennuksen pahimmiksi lämmön- ja ilmanvuotokohdiksi paljastuivat seinien ja lattioiden rajat, ulkonurkat sekä ikkunoiden karmit. Lisäksi selkeitä puutteita oli havaittavissa paikoin myös rakennuksen ulkovaipan lämmöneristeissä.

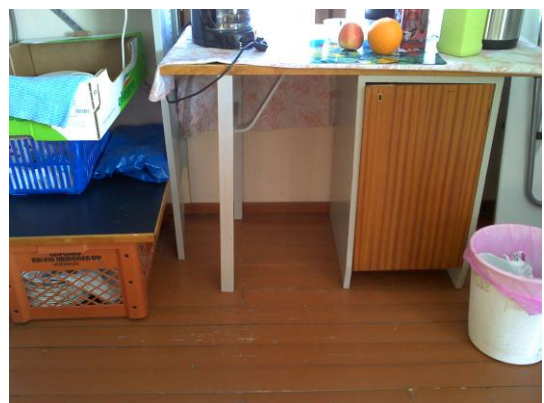
Kuvissa näkyy vierekkäin kuvattavasta kohteesta otettu lämpökuva ja tavallinen valokuva, josta on paremmin havaittavissa kuvattu kohde. Lämpökuvassa näkyy oikeassa laidassa lämpötilaskaala, josta eri värien lämpötilat ovat havaittavissa. Keskellä lämpökuvaa näkyy laatikkomainen mittaustyökalu, josta selviää kyseisen alueen kylmin tai lämpimin piste riippuen siitä, kumpi asetuksiin on määriteltä. Sisäpintoja kuvatessa kamera määriteltiin etsimään kylmintä pistettä ja rakennuksen ulkoapäin kuvatessa lämpimintä pistettä.

SPR kirpputorin tilat

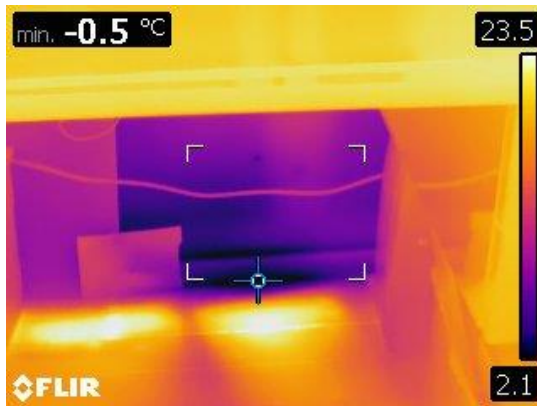
SPR:n kirpputorin ikkunoissa, kuten kauttaaltaan koko rakennuksen ikkunoissa, oli puutteita tiivisteiden ja karmien osalta. SPR:n kirpputorin yläkerran taukotilassa oli lämpökameralla havaittavissa ongelmakohtia myös lattian ja ulkoseinien rajoissa sekä ulkonurkissa. (Kuvat 8–11)



Kuva 8. Lämpökuva 1. SPR-kirpputorin alakerran vuotava ikkuna. Ikkunan karmille laskettu lämpötilaindeksi on 19 %.



Kuva 9. Lämpökuva 2. SPR kirpputorin yläkerta



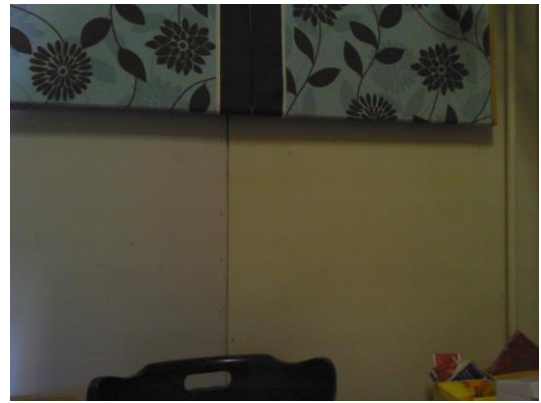
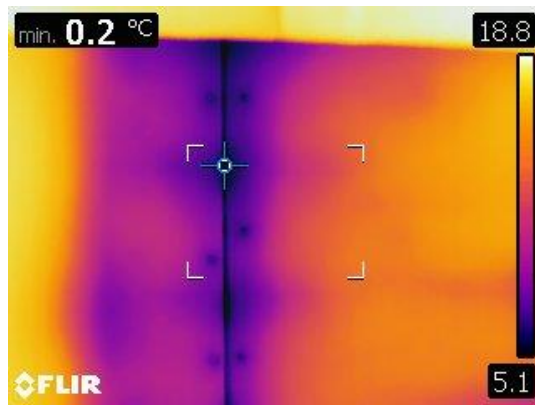
Kuva 10. Lämpökuva 3. SPR kirpputorin yläkerta



Kuva 11. Lämpökuva 4. SPR kirpputorin yläkerta

Työntekijöiden taukotila/kahvihuone

Työntekijöiden taukotilassa havaittiin lämpökuvauksilla erittäin alhaisia pintalämpötiloja. Tila oli kuvausten perusteella yksi rakennuksen ongelmallisimmista tiloista. Lattian ja ulkoseinän rajapinta oli kauttaaltaan erittäin kylmä ja monesta pisteestä mitattiin alle nolla celsiusta. Myös seinärakenteessa havaittiin puutteita lämmöneristysten osalta. (Kuvat 12–16)



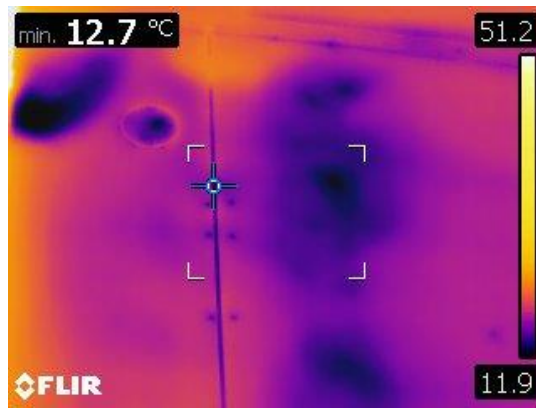
Kuva 12. Lämpökuva 5. Lämpövuotoa kahvihuone seinässä

Kahvihuoneen seinästä mitatulla pintalämpötilalla laskettu lämpötilaindeksi on 41 %.

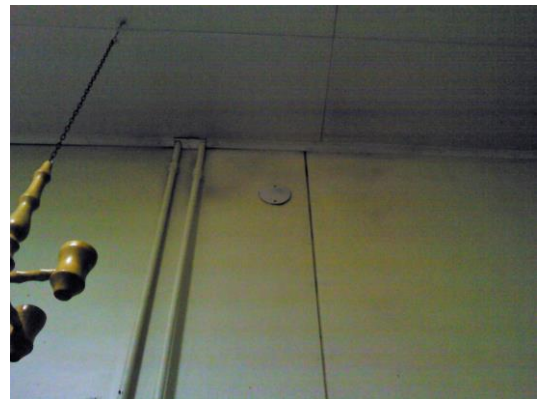


Kuva 13. Lämpökuva 6. Lattianrajassa suurta lämpövuotoa.

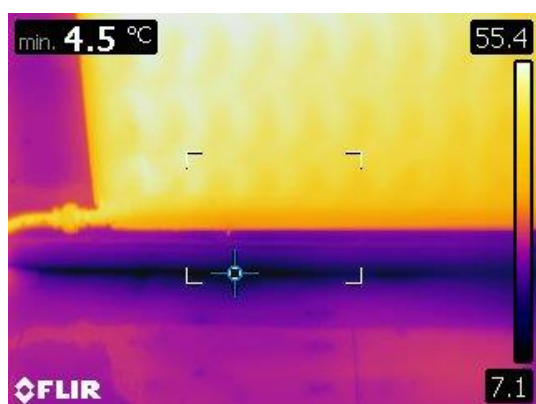
Kuva 3 on kuvattu kahvihuoneen lattian ja ulkoseinän rajasta, jossa pintalämpötila jää vain hieman ulkolämpötilan yläpuolelle. Pisteestä laskettu lämpötilaindeksi on 16 %.



Kuva 14. Lämpökuva 8. Kahvihuoneen seinässä lämpövuotokohtia.



Kuva 15. Lämpökuva 9. Kahvihuoneen seinässä lämpövuotokohtia.



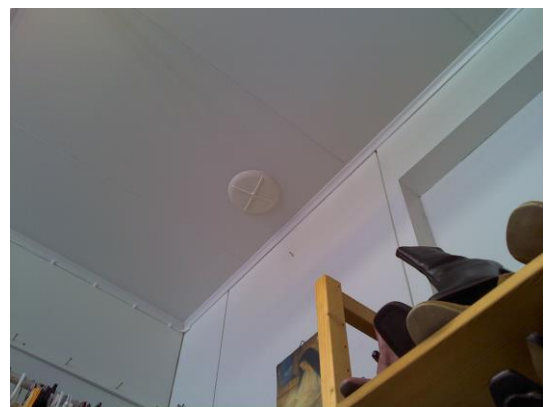
Kuva 16. Lämpökuva 10. Kahvihuoneen lattian ja seinän raja.

Syöpäyhdistyksen kirpputori

Syöpäyhdistyksen kirpputorin tiloista lämpökuvausten perusteella ongelmallisimmat kohdat olivat levyllä tukittu korvausilmaventtiili, josta puuttuu lämmöneristys, sekä kylmät ikkunan karmit. Tilan ulkoseinän puoleiselle sivustalle on kerennyt aurinko paistaa aamun aikana, joka osaltaan vaikuttaa lämpökuvaustuloksiin. Ulkoseinän lämpökuvauksen esteenä oli runsas vaate/tavaramäärä seinustaa vasten, jota ei päästy siirtämään kuvausten ajaksi. (Kuvat 17–19)



Kuva 17. Lämpökuva 11. Syöpäyhdistyksen kirpputori tukittu korvausilmaventtiili.



Kuva 18. Lämpökuva 12. Syöpäyhdistyksen kirpputori toimiva korvausilmaventtiili.



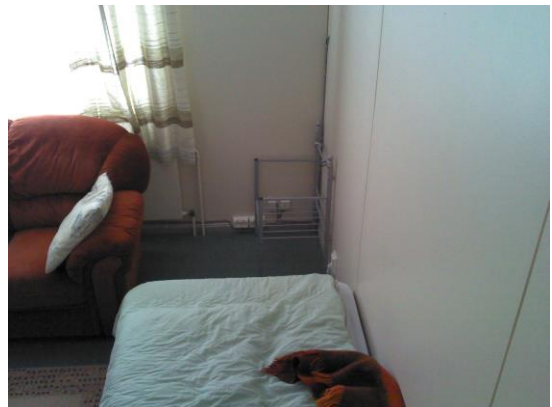
Kuva 19. Lämpökuva 13. Syöpäyhdistyksen kirpputori ikkunan karmit.

Vartiointiliikkeen tilat

Vartiointiliikkeen tilat olivat lämpökuvausten perusteella asianmukaisessa kunnossa eikä suuria ongelmia havaittu. Nurkissa, seinien ja lattian rajassa sekä pistorasioiden ympäristössä mitattiin muuta ympäristöä matalampia lämpötiloja.



Kuva 20. Lämpökuva 14. Kuntosali.



Kuva 21. Lämpökuva 15. Lepuhuoneen ulkonurkka.



Kuva 22. Lämpökuva 16. Lepuhuoneen ulkonurkka.

JHL toimisto

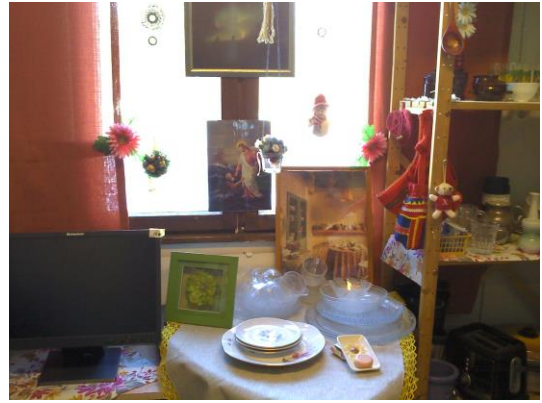
JHL:n toimiston tiloissa lämpökuvauksella ei havaittu suurempia ongelmia. Nurkat ja lattian ja seinän rajat olivat muuta ympäristöä huomattavasti kylmempiä.



Kuva 23. Lämpökuva 17. JHL toimisto ulkonurkka pöydän alla.

Muut tilat

Muita kuvattuja tiloja olivat helluntaiseurakunnan kirpputori ensimmäisessä kerroksessa (kuva 24), eteistila (kuvat 25–28), helluntaiseurakunnan kirpputorin viereinen tyhjillään oleva tila (kuvat 29–31), portaikot (kuvat 32, 33) taukotilan viereinen tila ensimmäisessä kerroksessa (kuva 34) ja sähköpääkeskus toisessa kerroksessa (kuva 35).



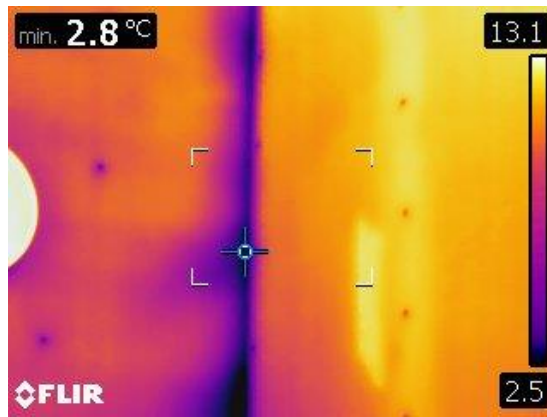
Kuva 24. Lämpökuva 18. Vuotava ikkuna

Kuva 24 on helluntaiseurakunnan kirpputorin tiloista. Ikkunoiden välissä mitattu pintalämpötila oli -4,4 °C ja siitä laskettu lämpötilaindeksi 29 %.

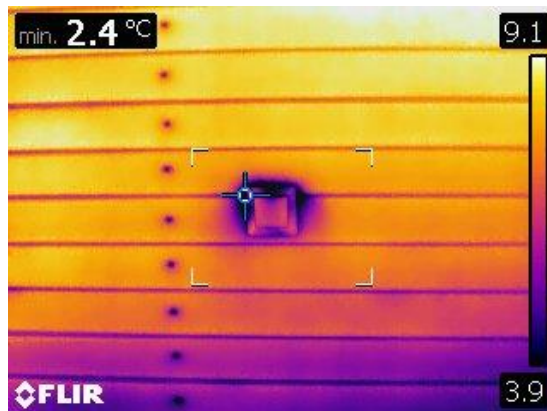


Kuva 25. Lämpökuva 19. Kellariin johtavan portaikon ulkonurkka

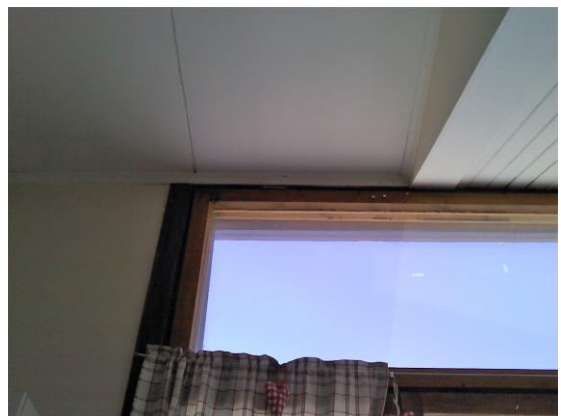
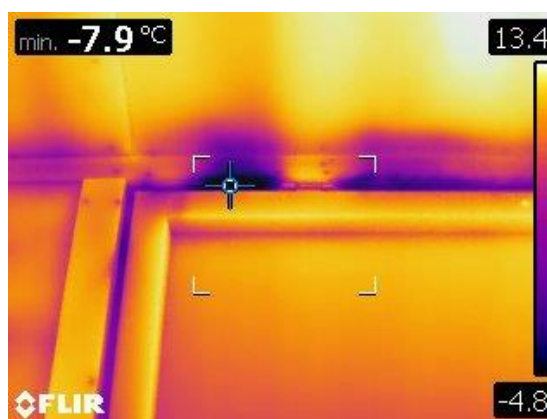
Eteisen ulkonurkissa ja ikkunoiden ympärillä oli havaittavissa laajasti lämpövuotoa. Myös seinien eristeissä oli havaittavissa puutteita eteisen osalta. Kuvassa 25 näkyvälle kylmälle pisteelle laskettu lämpötilaindeksi on 28 %.



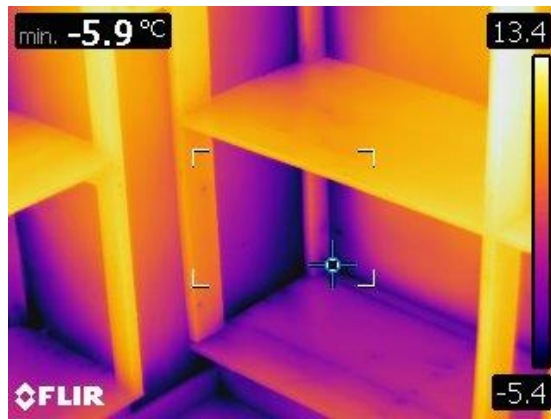
Kuva 26. Lämpökuva 20. Eteisen nurkka.



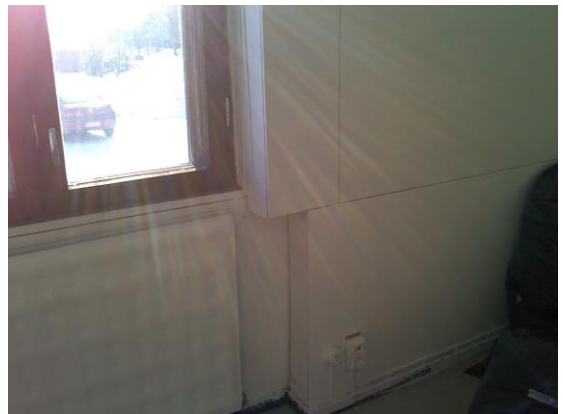
Kuva 27. Lämpökuva 21. Katkaisija kellariin johtavassa portaikossa.



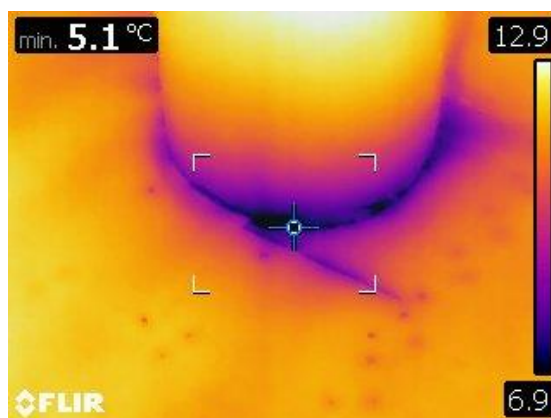
Kuva 28. Lämpökuva 22. Eteisen ikkunan yläpinta.



Kuva 29. Lämpökuva 23. Tyhjän varastotilan ulkonurkka.



Kuva 30. Lämpökuva 24. Tyhjän tilan ikkunan vierus.



Kuva 31. Lämpökuva 25. Tyhjän varastotilan pylvään ympäristö.

Kuvat 29, 30 ja 31 ovat rakennuksen käyttämättömänä olevasta tilasta, jossa lattian ja ulkoseinän raja oli kauttaaltaan mitattuna pakkasasteiden puolella. Samassa tilassa olevan ikkunan ympäristössä oli myös lämpökameralla mitattuna pakkasasteita vuotavan ikkunan ja ulkoseinän puutteellisen eristyksen takia. Kuvan 29 pisteen laskettu lämpötilaindeksi on 25 %.

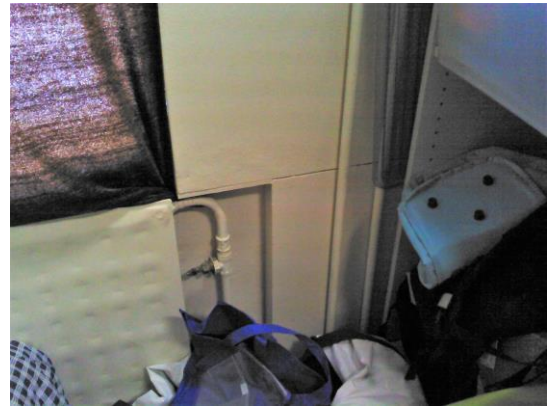
Rakennuksen molemmissa päädyissä on portaikot ja molemmissa portaikoissa oli havaittavissa samankaltaisia ongelmakohtia ulkonurkissa. Lämpötilat portaikoissa olivat muutenkin oleskelutiloja huomattavasti alhaisemmat. (Kuvat 32 ja 33)



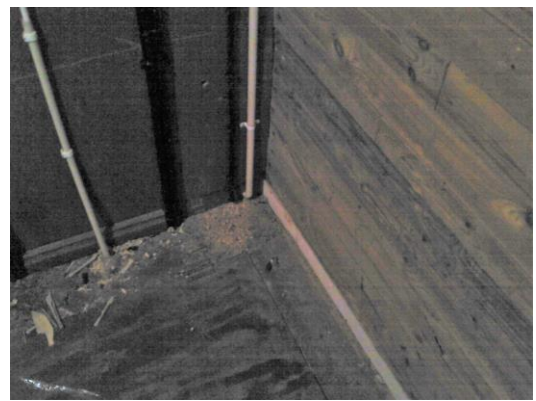
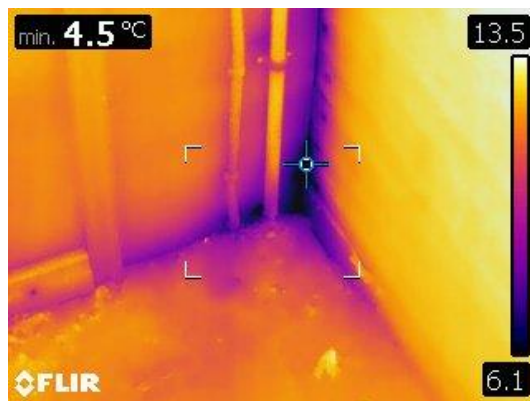
Kuva 32. Lämpökuva 26. Portaikon ulkonurkka. Lämpötilaindeksi kuvan pisteelle on 34 %.



Kuva 33. Lämpökuva 27. Toiseen kerrokseen johtava portaikko.



Kuva 34. Lämpökuva 28. Taukotilan viereinen tila ensimmäisessä kerroksessa.



Kuva 35. Lämpökuva 29. Sähköpääkeskuksen nurkka.

Käyttäjäkysely

Kiinteistössä suoritetaan sisäilmaston laatuun ja lämpöoloihin liittyviä tutkimuksia. Tutkimusten suorittamista varten kysymme mielipidettänne sisäilmaston laadusta ja havaintoja lämpöoloista. Kyselylomaketta käytetään mm. kuntoarvion lähtötietojen keräämiseen, kuntoarvion laatimiseen ja käyttäjäkokemusten määrittämiseen. Vastaukset käsitellään luottamuksellisesti.

Kyselyä tai tutkimuksia koskevissa kysymyksissä voitte kääntyä:

Juuso Hulkko, puh. XXXXXXXXXXXX, tai

Pyry Korpelainen, puh. XXXXXXXXXXXX puoleen.

Pyydämme palauttamaan kyselyn 31.2.2018 mennessä aulassa olevaan palautuslaatikkoon.

Taustatiedot:

Rakennuksen nimi:	Tohmajärven kunnallistalo
Kuinka kauan olette työskennelleet rakennuksessa?	
Missä tilassa/työpisteessä työskentelette pääasiallisesti?	
Huurtuvatko työhuoneenne ikkunat talvella?	
Ei	
Kyllä, sisäikkunan pinta	
Kyllä, ulkoikkunan pinta	
Huomautuksia ja lisätietoja:	

Oletko havainnut rakennuksessa jonkin seuraavista ongelmista viimeisen vuoden aikana?				
	Kyllä usein	Kyllä joskus	Ei /harvoin	En osaa sanoa
Liian korkea huonelämpötila				
Liian matala huonelämpötila				
Lattioiden/pintojen kylmyys				
Kuiva ilma				
Kostea ilma				
Tunkkainen ilma				
Pölyinen ilma				
Havaittava pöly tai lika (pinnoilla)				
Epämiellyttävä haju, mikä				
Riittämätön ilmanvaihto				
Muuta, mitä?				
Lisätietoja:				

Onko työtilassanne voimakkaita tai epämiellyttäviä hajuja?			
Ei ole	Home (maakel-lari)	Viemäri	Pakokaasu
Ruoka	Tupakan haju	Muu, Mikä?	
Mistä hajut ovat mielestänne peräisin?			
Kellarista	Ulkoa	Lattiakaivoista/pesualtaista	
Keittiöstä/ruokalasta	Ilmanvaihdosta	Muualta, mistä	
Onko työpaikkanne ilmanvaihtojärjestelmä mielestänne kunnossa?			
Ei	Kyllä	En osaa sanoa	
Kuinka usein tiloja tuuletetaan ikkunoiden kautta?			
Kerran viikossa tai harvemmin		Kerran päivässä	Kesällä
Useasti päivän aikana		Jatkuvasti	Ei koskaan
Onko teillä mielestänne sisäilmaongelmaan liittyvää oireilua joka häviää oleskeltaessa poissa tästä rakennuksesta?			
Ei	On, joskus	On, viikoittain	En osaa sanoa
Esiintyykö työpaikallanne sisäilmastosta johtuvia työntekijöiden poissaoloja?			
Ei	Vähän	Runsaasti	En osaa sanoa
Mistä sisäilmaongelmat mielestänne johtuvat?			
Kosteusvauriosta		Rakennusmateriaalista tai rakenteista	
Ilmanvaihtojärjestelmästä		Virheellisestä käytöstä	
Puutteellisesta huollosta		Puutteellisesta siivouksesta	

Mikä mielestäsi olisi tärkein toimenpide sisäilmaston parantamiseksi?			
Kosteusvaurioiden korjaus		Lämmityksen säätö	
Ilmanvaihdon parantaminen		Siivouksen tehostaminen	
En osaa sanoa		Muu, mikä	
Huomautuksia ja lisätietoja:			

Muokattu käyttäjäkyselystä Sisäilmayhdistyksen sivuilta.

<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien-tutkiminen/Asiakirja-mallit/Kayttajakysely>